



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA**

**AVALIAÇÃO DO CARBO-AMINO-FOSFOQUELATO COMO UMA FONTE DE
MINERAIS NA RAÇÃO DE POEDEIRAS E CODORNAS JAPONESAS**

Gabrielle Catarine Castro Pereira

**AREIA – PARAÍBA
FEVEREIRO – 2016**

Gabrielle Catarine Castro Pereira

**AVALIAÇÃO DO CARBO-AMINO-FOSFOQUELATO COMO UMA FONTE DE
MINERAIS NA RAÇÃO DE POEDEIRAS E CODORNAS JAPONESAS**

Dissertação apresentada ao Programa
de Pós-Graduação em Zootecnia, da
Universidade Federal da Paraíba, como
requisito parcial para obtenção do título
de Mestre em Zootecnia.

Comitê de Orientação:

Prof. Dr. Fernando Guilherme Perazzo Costa – Orientador Principal

Prof. Dr. José Humberto Vilar da Silva

Prof. Dr. Leonardo Augusto Fonseca Pardal

AREIA – PARAÍBA

FEVEREIRO – 2016

*Ficha Catalográfica Elaborada na Seção de Processos Técnicos da
Biblioteca Setorial do CCA, UFPB, Campus II, Areia – PB.*

P436a Pereira, Gabrielle Catarine Castro.

Avaliação do carbo-amino-fosfoquelato como uma fonte de minerais na ração de poedeiras e codornas japonesas / Gabrielle Catarine Castro Pereira. - Areia: UFPB/CCA, 2016.

xiii, 76 f. : il.

Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Centro de Ciências Agrárias. Universidade Federal da Paraíba, Areia, 2016.

Bibliografia.

Orientador: Fernando Guilherme Perazzo Costa.

1. Poedeiras japonesas – Ração 2. Codornas japonesas – Qualidade do ovo 3. Ovos de codorna – Tempo de prateleira I. Costa, Fernando Guilherme Perazzo (Orientador) II. Título.

UFPB/CCA

CDU: 636.5(043.3)



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

PARECER DE DEFESA DO TRABALHO DE DISSERTAÇÃO

TÍTULO: “Avaliação do carbo-amino-fosfoquelato como uma fonte de minerais na ração de poedeiras e codornas japonesas”,


AUTORA: GABRIELLE CATARINE CASTRO PEREIRA

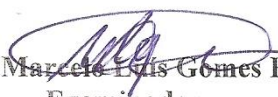
ORIENTADOR: Prof. Dr. Fernando Guilherme Perazzo Costa


JULGAMENTO

CONCEITO: APROVADA

EXAMINADORES:


Prof. Dr. Fernando Guilherme Perazzo Costa
Presidente
Universidade Federal da Paraíba


Prof. Dr. Marcelo Luis Gomes Ribeiro
Examinador
Universidade Federal da Paraíba


Prof. Dr. Dermeval Araújo Furtado
Examinador
Universidade Federal Campina Grande

Areia, 29 de fevereiro de 2016

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

Gabrielle Catarine Castro Pereira – Nascida no dia 08 de agosto de 1988, na cidade de Boa Vista, Roraima. Coursou o ensino médio no Instituto Federal de Roraima concluindo no ano de 2006. Em 2007 iniciou o curso de Zootecnia na Universidade Federal de Roraima, obtendo o título de Zootecnista no ano de 2012. No ano de 2014 ingressou no Mestrado em Zootecnia na Universidade Federal da Paraíba, na cidade de Areia.

Aos meus pais, Edivaldo e Simirames, por acreditar em mim, até mesmo quando eu não mais acreditava.

Dedico

AGRADECIMENTOS

Primeiramente à Deus, pois se não fosse por Ele, não estaria realizando esse projeto profissional e não teria forças para terminar essa caminhada.

Ao incondicional apoio, incentivo e ajuda dos meus pais, Edivaldo e Simirames, além de serem meu suporte e meu porto seguro, sempre me deram estrutura para seguir em frente e lutar pelos meus sonhos, amo-os.

Aos meus irmãos, Yanne e Guilherme, que sempre me apoiaram em tudo que eu fiz e me aturaram em todos os momentos, amo-os.

Ao meu noivo Rafael, que apesar de todas as dificuldades e principalmente pela longa distância, me apoiou e ajudou muito na realização desse projeto abdicando um momento da sua vida para está ao meu lado, tornando esse momento menos difícil, amo você!

A minha pequena Meg, meu anjinho!

A toda minha família, avós, tias, primos e cunhados, que sempre torceram muito por mim.

A Universidade Federal da Paraíba pela oportunidade oferecida e a Capes pela concessão da bolsa de estudo.

A empresa DSM®, e em especial, a Leticia Cardoso que nos acompanhou durante todo o período experimental.

Ao meu orientador professor Fernando Guilherme, que confiou em mim para a realização desse trabalho e me orientou durante esses dois anos.

Aos professores do comitê de orientação e da banca examinadora pelas sugestões e contribuições valiosas para este trabalho.

Aos meus “novos” amigos que fiz durante essa caminhada, em especial, Cristina, Liety, Guilherme, Danilo, Cleber e Sabrina, pessoas que vou levar no coração. Aprendi muito com vocês. Agradeço muito à cada um!

Ao grupo GETA, colegas que me ajudaram muito durante esse período e me fizeram rir durante todos as nossas cansativas, mas gratificantes atividades.

Aos funcionários do Setor de Avicultura (Josa e Ramalho) que me ajudaram muito na realização do experimento, agradeço pelos longos e felizes dias que passei com eles.

E por fim, a todos que me ajudaram de forma direta ou indiretamente para que tudo isso fosse possível.

“Não te mandei eu? Esforça-te, e tem bom ânimo; não pases, nem te espantes: porque o Senhor teu Deus é contigo, por onde quer que andares.”

Josué 1:9

AVALIAÇÃO DO CARBO-AMINO-FOSFO QUELATO COMO FONTE DE MINERAIS NA RAÇÃO DE POEDEIRAS E CODORNAS JAPONESAS

RESUMO GERAL

Objetivou-se avaliar o efeito da suplementação mineral, orgânica e inorgânica, na ração de poedeiras e codornas japonesas sobre o desempenho, resistência óssea, qualidade e tempo de prateleira dos ovos. Foram conduzidos dois experimentos, um com 320 poedeiras da linhagem Dekalb White distribuídas em delineamento inteiramente casualizado em dois tratamentos, dez repetições com 16 aves por unidade experimental; e outro com 192 codornas japonesas também distribuídas em delineamento inteiramente casualizado em dois tratamentos, seis repetições com 16 aves por parcela experimental. Os tratamentos consistiram em uma dieta basal formulada para atender as exigências das aves, suplementada com premix de microminerais na forma orgânica (carbo-amino-fosfo quelato) e inorgânica (sulfato). Os microminerais presentes no premix eram o selênio, ferro, manganês, cobre e zinco. A análise estatística dos dados de desempenho, qualidade e resistência óssea foram comparadas pelo teste T-Student, a 5% de probabilidade e pelo teste não-paramétrico de Kruskal Wallis, e os dados de tempo de prateleira foram submetidos ao teste T-Student em função da fonte mineral, e regressão em função dos dias de armazenamento. No primeiro experimento, as fontes minerais influenciaram ($p>0,05$) o consumo de ração (CR, g), peso dos ovos (PO, g) e a massa dos ovos (MO, g) de poedeiras; todas as variáveis de qualidade dos ovos foram influenciadas ($p>0,05$), com exceção do peso da gema (PG, g) e porcentagem da casca (PORC, %) e nas variáveis quanto ao tempo de prateleira também houve influência ($p>0,05$) das fontes minerais e interação entre tempo e fonte do mineral foram observadas. No segundo experimento, com codornas japonesas, não houve diferenças ($p<0,05$) no desempenho das aves, nas variáveis de qualidade de ovo, apenas a unidade Haugh (UH) e a espessura de casca (EC, mm) foram influenciadas ($p>0,05$) e as variáveis de tempo de prateleira foram influenciadas ($p>0,05$) pelas fontes minerais. A fonte orgânica melhora o desempenho e qualidade de ovos de poedeiras e codornas japonesas, principalmente nas variáveis relacionada à casca, além de manter a qualidade interna e externa do ovo no tempo de prateleira.

Palavras-chave: casca, desempenho, qualidade de ovo, quelatos, tempo de prateleira

EVALUATION OF CARBO - AMINO - FOSFO CHELATE HOW MINERALS SOURCE IN LAYERS OF FEED AND JAPANESE QUAILS

ABSTRACT

The objective was to evaluate the effect of mineral supplementation, organic and inorganic, in the feed of laying Japanese quails and on performance, bone strength, quality and shelf life of eggs. Two experiments were conducted, with 320 layers of Dekalb White lineage distributed in a completely randomized design with two treatments, ten replicates with 16 birds each; and another with 192 Japanese quails also distributed in a completely randomized design with two treatments, six replicates of 16 birds per experimental plot. The treatments consisted of a basal diet formulated to meet the requirements of the birds, supplemented with trace mineral premix in organic form (carbo-amino-phospho chelate) and inorganic (sulfate). The trace elements present in the premix were selenium, iron, manganese, copper and zinc. Statistical analysis of performance data, quality and bone strength were compared by Student's t-test at 5% probability and the nonparametric Kruskal Wallis, and shelf-life data was submitted to the T-Student test function of the mineral source, and function in regression of storage days. In the first experiment, the mineral springs influenced ($p > 0.05$) feed intake (CR, g), egg weight (PO, g) and mass of eggs (MO, g) of laying; all the quality variables of the eggs were influenced ($p > 0.05$), except the yolk weight (PG, g) and percentage of peel (PORC%) and the variables on the shelf life also was no influence ($p > 0.05$) of mineral and interaction between time and source of the mineral sources were observed. In the second experiment, with Japanese quails, there were no differences ($p < 0.05$) in the performance of the birds, the egg quality variables, only Haugh unit (HU) and the shell thickness (EC, mm) were affected ($p > 0.05$) and the shelf life variables were influenced ($p > 0.05$) by mineral sources. The organic source improves the performance and quality of laying eggs and Japanese quails, especially in the variables related to the shell and to maintain the internal and external egg quality in shelf life.

Keywords: shell, performance, egg quality, chelates, shelf life

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO 2

Tabela 1. Médias de temperatura e umidade relativa do ar obtidas durante todo período experimental com poedeiras suplementadas com fontes minerais orgânicas e inorgânicas.....	42
Tabela 2. Níveis recomendados pela DSM® e para Dekalb em miligramas por quilo.....	43
Tabela 3. Composição da ração basal.....	44
Tabela 4. Desempenho de poedeiras suplementadas com fontes de microminerais.....	49
Tabela 5. Qualidade de ovos e resistência de tibia de poedeiras suplementadas com fonte de microminerais.....	52
Tabela 6. Efeito do tempo de prateleira sobre a qualidade interna e externa de ovos de poedeiras suplementadas com fontes microminerais orgânica e inorgânica.....	58
Tabela 7. Comportamento da interação fonte mineral x dia de prateleira sobre a unidade Haugh (Desdobramento)	59

CAPÍTULO 3

Tabela 1. Médias de temperatura e umidade relativa do ar obtidas durante todo período experimental com poedeiras suplementadas com fontes minerais orgânicas e inorgânicas.....	73
Tabela 2. Níveis recomendados pela DSM® e para Dekalb em miligramas por quilo.....	73
Tabela 3. Composição da ração basal.....	74
Tabela 4. Desempenho de codornas japonesas suplementadas com fonte de microminerais.....	77
Tabela 5. Qualidade do ovo de codornas japonesas suplementadas com fonte de microminerais.....	79
Tabela 6. Efeito do tempo de prateleira sobre a qualidade interna e externa de ovos de codornas japonesas suplementadas com fontes minerais orgânicas e inorgânicas.....	82

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO 2

Figura 1 Efeito do tempo de prateleira na espessura da casca do ovo de poedeiras suplementada com microminerais de fonte orgânica e inorgânica.....	61
---	----

CAPÍTULO 3

Figura 1. Efeito do tempo de prateleira na unidade Haugh dos ovos de codornas japonesas suplementadas com microminerais de fonte orgânica e inorgânica	83
Figura 2. Efeito do tempo de prateleira na espessura da casca dos ovos de codornas japonesas suplementadas com microminerais de fonte orgânica e inorgânica.....	85

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO.....	11
CAPÍTULO 1	14
REFERENCIAL TEÓRICO	15
1. MINERAIS.....	15
2. MICROMINERAIS	17
2.1 Ferro.....	17
2.2 Selênio	18
2.3 Zinco	20
2.4 Manganês	22
2.5 Cobre.....	23
3. MINERAIS INORGÂNICAS	24
4. MINERAIS QUELATADOS OU ORGÂNICOS	26
5. QUALIDADE DO OVO E TEMPO DE PRATELEIRA	30
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	32
CAPÍTULO 2	40
AVALIAÇÃO DO CARBO-AMINO-FOSFOQUELATO COMO UMA FONTE DE MINERAIS NA RAÇÃO DE POEDEIRAS	40
RESUMO.....	41
ABSTRACT	43
1. INTRODUÇÃO.....	44
2. MATERIAL E MÉTODOS	45
2. 1 Local e execução.....	45
2.2 Animais e instalação	45
2.3 Tratamento e dietas	46
2.4 Variáveis estudadas.....	48
2.4.1 Desempenho	48
2.4.2 Qualidade do ovo	48
2.4.3 Tempo de prateleira dos ovos	50
2.4.4 Resistência da tíbia (kg).....	50
2.5 Análise estatística dos dados	51

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	51
3.1 Desempenho	51
3.2 Qualidade do ovo e Resistência de tibia	54
3.3 Tempo de prateleira	60
4 CONCLUSÃO	65
5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	66
CAPÍTULO 3	71
AVALIAÇÃO DO CARBO-AMINO-FOSFOQUELATO COMO UMA FONTE DE MINERAIS NA RAÇÃO DE POEDEIRAS	71
RESUMO.....	72
ABSTRACT	73
1. INTRODUÇÃO.....	74
2. MATERIAL E MÉTODOS	75
2.1 Local	75
2.2 Animais e instalação	75
2.3 Tratamentos e dietas	76
2.4 Variáveis estudadas.....	78
2.4.1 Desempenho	78
2.4.2 Qualidade do ovo	78
2.4.3 Tempo de prateleira dos ovos	79
2.4.4 Análise estatística dos dados	79
3. RESULTADOS E DISCUSSÕES	80
3.1 Desempenho	80
3.2 Qualidade do ovo	82
3.3 Tempo de prateleira	84
4. CONCLUSÃO	89
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	90

INTRODUÇÃO

O Brasil está entre os dez maiores produtores de ovos de poedeiras do mundo, com uma produção anual superior a 37,2 bilhões de ovo, sendo que a grande maioria é destinado ao consumo interno, com cerca de 182 ovos consumidos *per capita* ano em 2014 (ABPA, 2015). Já a coturnicultura, com a grande aceitação dos produtos no mercado consumidor, possui a produção de ovos de codornas de 392,73 milhões de dúzias com um aumento de 14,7, em relação ao ano de 2013 (IBGE, 2014).

Esse constante avanço na indústria da produção de ovos, seja de poedeiras ou de codornas japonesas, faz com que seja constante a busca por uma maior eficiência produtiva e econômica, beneficiando-se o potencial genéticos das aves. Porém, um problema importante nesse setor que causa grandes perdas econômicas para os produtores, são os defeitos e má qualidade da casca do ovo, visto que milhões de ovos deixam de ser vendidos ou tem seus preços reduzidos devido a problemas na casca (FASSANI et al., 2000).

Segundo, Roland (1998) cerca de 15% da produção total dos ovos pode ser perdida, desde a produção até o consumidor final. Os defeitos na casca não são apenas motivo de preocupação para os produtores, mas também para o consumidor, pois os ovos com casca de baixa qualidade podem representar risco de contaminação bacteriana (RODRIGUEZ-NAVARRO et al. 2002), já que a mesma tem a função de proteger o conteúdo interno do ovo contra a invasão de agentes patogênicos.

Entre fatores que afetam a qualidade da casca, destacam-se a nutrição e a idade da ave (FURTADO, et al., 2001). Dessa forma, as aves necessitam receber uma nutrição ideal e balanceada para atender suas exigências afim de evitar problemas no desempenho produtivo e consequentemente na qualidade do produto. Para Albuquerque (2004) uma nutrição ideal depende do fornecimento da quantidade suficiente de nutrientes, como por exemplo, dos minerais, pois para Sechinato et al., (2006) eles participam de uma série de processos bioquímicos corporais. Os minerais, segundo o mesmo autor, são nutrientes de grande

importância na ração das aves, pois contribuem na formação da casca e melhoram a qualidade interna do ovo.

Os minerais são divididos em macrominerais, cujas necessidades no organismo são superiores a 70mg/kg de peso vivo do animal; e os microminerais, com requerimento menor que 70mg/kg de peso vivo (BONDI, 1987). Para atender essas necessidades, a suplementação mineral na dieta das aves é necessária, pois normalmente os ingredientes da ração não atendem as exigências nutricionais desses animais para um ótimo desempenho produtivo.

A suplementação dos microminerais é realizada comumente através do fornecimento de fontes inorgânicas, porém ocorrem muitas perdas, pois esses íons se ligam facilmente a outros componentes da dieta e ocorre maior competição pelos sítios de absorção intestinal entre os elementos minerais, com interações antagônicas que dificultam sua absorção, tornando-os indisponíveis para o animal (HERRICK, 1993). Devido a isso, os níveis de minerais fornecidos na dieta são normalmente superiores à exigência do animal o que leva maior excreção e acúmulo no ambiente, principalmente em áreas com intensiva produção de aves (ŚWIĄTKIEWICZ, et al., 2014).

Visando aumentar a absorção e a biodisponibilidade dos microminerais e assim otimizar o desempenho das aves, tem-se utilizado mais recentemente nas dietas os minerais quelatados. Esses minerais também chamados de orgânicos ou complexados, são ligados a moléculas orgânicas, o que os torna mais estáveis no trato gastrointestinal, evitando ligações com outras moléculas e minimizando as perdas minerais para antagonistas, permitindo assim melhor absorção no intestino delgado (LIM; PAIK, 2003).

As pesquisas vêm demonstrando que o uso das fontes orgânicas de microminerais, quando comparado com as fontes inorgânicas, podem promover melhoria no desempenho e na qualidade de ovos de poedeiras comerciais e codornas japonesas. Apesar disso, os resultados ainda são controversos a respeito do uso dos minerais quelatados, o que justifica a realização de novos trabalhos que avaliem as respostas da suplementação mineral, sendo ela de fonte orgânica ou inorgânica.

Portanto, esse estudo teve como objetivo avaliar os efeitos da suplementação orgânica e inorgânica de microminerais na ração de poedeiras e codornas japonesas.

CAPÍTULO 1

AVALIAÇÃO DO CARBO-AMINO-FOSFO QUELATO COMO FONTE DE MINERAIS NA RAÇÃO DE POEDEIRAS E CODORNAS JAPONESAS

REFERENCIAL TEÓRICO

1. MINERAIS

Cerca de 3 a 4% do peso vivo das aves são constituídos de minerais (BERTECHINI, 2012), e dependendo do organismo vivo, seja ele vegetal ou animal, necessitam de quantidades diferentes de minerais para manter o equilíbrio do seu metabolismo fisiológico (FIGUEIREDO JUNIOR, 2010).

Os minerais são nutrientes importantes e fundamentais na dieta animal, e segundo Silva e Pascoal (2014) participam de inúmeras funções no metabolismo dos animais, como componente estrutural de biomoléculas, influencia no crescimento e manutenção de tecidos, ativam ações hormonais, são cofatores enzimáticos, regulam a pressão osmótica e o equilíbrio acidobásico, influenciando assim, de forma geral, a produção animal.

Segundo Bertechini (2012), as principais funções dos minerais são: participar da formação do tecido conectivo, manter a homeostase dos fluidos orgânicos e o equilíbrio da membrana celular, ativar reações bioquímicas através da ativação de sistemas enzimáticos, tem efeito direto ou indireto sobre as funções das glândulas endócrinas e efeitos sobre a microbiota simbiótica do trato gastrointestinal e participar do processo de absorção e transporte dos nutrientes no organismo.

Os primeiros estudos sobre fontes minerais para aves foram na década de 50, pois nesse período se iniciou a suplementação mineral a fim de resolver problemas ósseos e de desempenho das aves (STEFANELLO, 2012). Nos últimos anos esses estudos têm se elevado devido ao melhoramento genético, a intensificação dos sistemas de produção e à alta produção de ovos (BERTECHINI, 2012). Com isso, visando atender as exigências das aves e garantindo o melhor desenvolvimento e maior produtividade, a prática da suplementação mineral é necessária. Além disso, deve ser levado em consideração que na produção de aves, retirou-se o contato desses animais com a terra, que pode ser fonte básica de minerais e as matérias primas, milho e soja das rações não atendem as exigências de minerais, sendo importante suplementar as aves para evitar deficiências minerais (FIGUEIREDO JUNIOR, 2010).

Os minerais podem ser classificados como macrominerais e microminerais de acordo com a concentração, requerimento e funções no organismo, segundo Lesson e Summers (2001), os macrominerais são adicionados à dieta em maiores quantidades do que os microminerais. Os macrominerais são o cálcio, fósforo, potássio, sódio, enxofre, cloro e magnésio; e os minerais ferro, zinco, cobre, iodo, manganês, cobalto e selênio, por serem necessários em quantidades menores no organismo são classificados como microminerais (GEORGIEVSKI, 1982).

O cálcio e o fósforo são a base da formação do esqueleto; o sódio, cloro e potássio são responsáveis pelo equilíbrio ácido-básico principalmente nos tecidos moles (BERTECHINI, 2012). Além disso, os macrominerais podem atuar na manutenção da pressão osmótica, na transmissão dos impulsos nervosos e no potencial elétrico da membrana (MAIORKA; MACARI, 2002). Os microminerais, apesar de serem nutrientes importantes e fundamentais para o organismo, estão presentes nos tecidos corporais em baixas concentrações. Esses elementos, segundo Maiorka e Macari (2002) participam de rotas metabólicas essenciais para o crescimento e desenvolvimento do animal, estão presentes no sangue, são componentes de metaloenzimas; coenzimas e enzimas essenciais e ainda de hormônios.

De forma geral, a absorção intestinal dos minerais, normalmente, ocorre por transporte passivo através da mediação de hormônios e pela concentração dos fluidos extracelulares (SILVA; PASCOAL, 2014). A absorção dos minerais importantes para o equilíbrio eletrolítico, ocorre no decorrer do trato digestório e por difusão passiva e transporte ativo dependendo do gradiente eletroquímico dos compartimentos intra e extracelulares; enquanto a absorção dos microminerais é mais complexa e depende das características físico-químicas do intestino e da solubilidade das fontes (BERTECHINI, 2012). Segundo o mesmo autor, os microminerais possuem uma absorção menor quando comparados com os macroelementos, porém a adição de enzimas na ração de aves, como por exemplo a fitase, pode favorecer essa absorção, mesmo que de forma geral, exista uma barreira natural, como condições físico-químicas, pH e viscosidade, que atrapalhe esse processo metabólico.

A seguir estão descritos alguns microminerais relevantes no estudo da suplementação, orgânica ou inorgânica, em dietas para poedeiras e codornas japonesas.

2. MICROMINERAIS

2.1 Ferro

Desde o século XVI relacionam o ferro com distúrbios no sangue, porém, apenas em 1886, Zinoffsky apresentou bases fisiológicas que demonstravam que a hemoglobina possuía 0,335% de ferro (UNDERWOOD, 1999). Esse mineral é responsável pela formação da hemoglobina, um quelato resultante da ligação da porfirina e globina (MAYNARD, 1984). A hemoglobina tem função de transportar oxigênio para os tecidos e regular a respiração celular (MAIORKA; MACARI, 2002). Esse mineral encontra-se também na forma de mioglobina, elemento essencial para o funcionamento muscular, inclusive o cardíaco, tendo esse, prioridade no aporte da suplementação de ferro diário (LEESON; SUMMERS, 2001).

O ferro da dieta é encontrado sob a forma orgânica, ou heme e inorgânica. A absorção desde mineral, em não ruminantes, é afetada pela idade do animal, nível de ferro no organismo, quantidade e forma química do ferro ingerido, proporção de outros minerais e composto da dieta com os quais podem interagir e as condições do trato gastrointestinal, mais particularmente do duodeno, principal local de absorção (UNDERWOOD, 1999).

O transporte do ferro do lúmen intestinal até a circulação sanguínea ocorre através da captação e internalização na membrana apical do enterócito, o deslocamento intracelular e o seu transporte para o plasma (CHUNG; WESSLING-RESNICK, 2003). A captação do ferro inorgânico no lúmen intestinal ocorre através da proteína transportadora de metal divalente 1 (DMT-1), porém para que ele possa ser absorvido é importante a mediação da enzima redutase citocromo b duodenal (Dcytb) para converter o ferro³⁺ para ferro²⁺ (QIU et al., 2006). Segundo o mesmo autor, a captação do ferro heme é realizada pela proteína transportadora do heme-1 (HCP1). No interior da célula, o ferro heme fará parte do pool de ferro inorgânico, os quais terão dois possíveis destinos dependendo da demanda do mineral. No caso de baixa necessidade, o ferro permanecerá no enterócito sequestrado pela ferritina e será eliminado quando ocorrer a escamação do epitélio intestinal, porém se houver necessidade pelo organismo, o mineral é transportado através da ferroportina (FPN) para fora do enterócito, e no plasma é transportado

através da transferrina (Tf) (ANDERSON, et al., 2009). A transferrina plasmática tem capacidade de transportar até 12 mg de ferro, e quando saturada, o ferro pode circular livremente pelo soro, porém quando acumulado nessa forma livre pode causar dano celular. A internalização do ferro nas células onde irão atuar é mediada pela ligação da transferrina a um receptor específico (TfR) (GROTTO, 2010).

Esse mineral faz parte de diversos produtos como o ovo, que contém cerca de 1,5 mg de Fe em sua composição, representando cerca de 25% das reservas disponíveis no fígado, o que indica que galinhas poedeiras possuem maior necessidade de ferro na dieta em relação aos frangos de corte (CAO et al. 1996).

Segundo Bertechini (2012) os ingredientes utilizados nas rações para aves possuem quantidades significativas de ferro que contribuem com suas exigências, porém elas necessitam ser suplementadas com esse mineral, pois só conseguem reter cerca de 5% da concentração dos ingredientes e eliminam de 1 a 1,5 mg em cada ovo produzido. A suplementação dietética de até 80 ppm aumentou o conteúdo de ferro na gema no estudo realizado por Bertechini et al. (2000). Park et al. (2005) verificaram aumento de 5 e 18% no conteúdo de ferro de ovos com a adição de sulfato de ferro e Fe-metionina respectivamente.

2.2 Selênio

Em 1937, descobriu-se que o selênio era responsável pela doença alcalina em humanos que estava afligindo certas regiões dos Estados Unidos, o que levou um interesse em pesquisas em relação ao selênio nos solos, nas plantas e nos tecidos (UNDERWOOD, 1999). Porém, somente na década de 50, o selênio foi descoberto como nutriente essencial para os animais (LEESON; SUMMERS 2001).

O selênio está envolvido em várias funções fisiológicas, sendo uma das principais a participação na glutathione peroxidase (GSH-Px), enzima que oxida a glutathione e destrói peróxidos, prevenindo o ataque destes aos ácidos graxos poli-insaturado presente nas membranas lipídicas (LEESON; SUMMERS 2001). Além da proteção das membranas celulares dos radicais

livres, o selênio protege também as membranas das mitocôndrias e dos microssomas (SALDANHA, 2008).

Segundo Leeson e Summers (2001), esse mineral está associado e age como economizador da vitamina E, pois, o selênio preserva a integridade do pâncreas, permitindo a digestão normal lipídica e a absorção da vitamina E que é lipossolúvel, destrói os peróxidos através da enzima glutathione peroxidase reduzindo assim o requerimento da vitamina E necessária para manter a integridade da membrana celular, além de conservar a vitamina E por mais tempo no plasma.

Segundo Maiorka e Macari (2002), a absorção do selênio ocorre ao longo do intestino delgado e também nos cecos, porém o processo de absorção depende de como ele se apresenta quimicamente.

O selênio geralmente é encontrado em associação com o enxofre em compostos orgânicos e inorgânicos devido ter propriedades similares com esse elemento (BERTECHINI, 2012). Esse mineral é encontrado em duas formas químicas, a orgânica e a inorgânica. Na forma inorgânica pode se apresentar como selenito, selenato, seleneto e na forma metálica, enquanto na forma orgânica, ele pode estar ligado a diferentes aminoácidos (GUIMARÃES, 2011). Segundo Leeson e Summers (2001) algumas plantas e microrganismos podem reajustar o enxofre na cisteína e metionina com o selênio, produzindo selenocisteína e selenometionina.

O selênio, na forma de selenometionina e do selenato, é absorvido através de mecanismo ativo semelhante ao da absorção de metionina, enquanto que na forma de selenito, é por difusão e, portanto proporcional à quantidade presente no lúmen intestinal (LEESON; SUMMERS, 2001). A rota de absorção do selenato é junto com o molibdato e sulfato podendo ser vulnerável a antagonismo por esses íons (UNDERWOOD; SUTTLE, 1999). O metabolismo pós-absortivo, das formas inorgânicas, o selenito é captado pelos eritrócitos, sendo reduzido a selenato, sendo então acoplado à albumina e transferido para o plasma, para então ser transportado ao fígado (GIERUS, 2007). O selenato é incorporado diretamente pelos hepatócitos utilizando o mesmo sistema de transportes do fosfato da corrente sanguínea (SUZUKI, 2005).

Dentre as fontes de selênio, o selenito de sódio é retido em cerca de 90% no organismo e restabelece mais rapidamente a atividade da glutathione peroxidase em animais com deficiência

desse mineral, possivelmente por ser prontamente disponível para formar o selenocisteína (GARIELSEN; OPSTVEDT, 1980), enquanto o selênio orgânico absorvido entre 95 a 98%, na forma de selenometionina é mais eficiente em armazenar esse mineral nos músculos e quando esse complexo é armazenado no fígado, pâncreas e rins pode trazer benefícios aos ovos (HENRY; AMMERMAN, 1995; FUNARI JÚNIOR, 2008).

Para Surai (2002), os estudos comprovam uma expressiva melhoria dos resultados produtivos de poedeiras, frangos e matrizes de corte com a suplementação com selenometionina. No estudo de Franco e Sakamoto (2005) o selênio possibilitou a manutenção da qualidade interna dos ovos durante os períodos de estocagem. Para Saldanha (2008), a suplementação de selênio nas rações de poedeiras além de prevenir os sintomas de deficiências, pode aumentar a concentração deste mineral nos ovos, favorecendo maior ingestão de selênio pelos consumidores de ovos.

Gajčević¹ et al. (2009) verificaram que a suplementação dietética com maior quantidade de selênio aumentou a atividade de GSH-Px no sangue das galinhas, aumentou o teor do mineral no albúmen e na gema e ainda apontaram que os ovos permanecem frescos por um período maior de armazenamento.

2.3 Zinco

A primeira constatação da importância do zinco nas dietas de animais domésticos foi em 1955, quando percebe-se que uma dieta deficiente em zinco desenvolveu paraqueratose em suínos (TUCKER; SALMON, 1955). Porém, anteriormente a isso, em 1939 foi constatado que o zinco era constituinte da anidrase carbônica (UNDERWOOD; SUTTLE, 1999) e que esta enzima contribuía na fixação do cálcio sob a forma de carbonato de cálcio nos ossos e nos ovos (TORRES, 1969). Este mineral é encontrado em grandes quantidades na glândula da casca do oviduto de galinhas poedeiras (LEESON; SUMMERS, 2001).

O zinco participa de muitas proteínas, que desempenham papéis biológicos associados ao crescimento e desenvolvimento ósseo (UNDERWOOD, 1999). Dentre suas funções no organismo, destaca-se a síntese e degradação de carboidratos, lipídeos e proteínas, função no

sistema imune, está associado ao crescimento dos tecidos e está associado com várias atividades enzimáticas no corpo (TRINDADE NETO et al., 2011). Esse mineral é cofator das enzimas essenciais, como lactato desidrogenase, fosfatase alcalina, anidrase carbônica, carboxipeptidase, superóxido dismutase, DNA e RNA polimerase e outras (LIM; PAIK, 2003).

A absorção do zinco ocorre no intestino delgado (COUSINS, 1985), sendo que a taxa de absorção varia entre 15 a 40% (SALDANHA, 2008). Esse mineral é transportado para o interior da membrana celular através de carreadores (UNDERWOOD; SUTTLE, 1999) e posteriormente, no interior da mucosa, o zinco se liga na metalotioneína, o qual sua síntese é influenciada tanto pelos níveis dietéticos como por concentrações plasmáticas de zinco (McDOWELL, 1992). Esse mesmo autor sugere que a absorção do zinco pode ser favorecida pelo magnésio, fosfatos e vitamina D, além desses, Clydsedale (1988) afirmou que aminoácidos, como histidina e cisteína podem agir como facilitadores na absorção do zinco. Enquanto Van Soest (1994), comenta que altas quantidades de fitato no alimento podem diminuir a disponibilidade do zinco, pois este se junta ao mineral tornando-o indisponível. Os metais divalentes, como o cobre, manganês, cobalto e o cádmio afetam a absorção do zinco por competirem pelo mesmo sítio de absorção (UNDERWOOD, 1999).

O zinco é estocado principalmente no tecido ósseo e muscular, e estes possuem a capacidade de liberar possíveis excedentes quando há deficiência desse mineral na dieta (EMMERT; BAKER, 1995; UNDERWOOD, 1999). A principal rota de excreção do zinco, é pela via hepática, através das fezes e pequenas quantidades são eliminados pela urina (FIGUEIREDO JUNIOR, 2010), quanto ao zinco endógeno, resultante de secreções gastrintestinal, pancreática e biliar, a sua excreção pelas fezes é influenciada pelas necessidades do animal (McDOWELL, 1992; UNDERWOOD; SUTTLE, 1999).

Os sintomas de deficiência nas aves são caracterizados pelo crescimento retardado, diminuição da eficiência alimentar, problemas nos ossos longos, queda de penas (ANDRIGUETTO, 1984), além de menor produção de ovos (LEESON; SUMMERS, 2001). O zinco quando em excesso pode diminuir a atividade das enzimas citocromo oxidase, catalase e das enzimas ferrosas (SCATOLINI, 2007).

2.4 Manganês

O manganês é um mineral amplamente encontrado em todo corpo, como nos músculos, pele e principalmente no fígado (MAYNARD, 1984) e nos ossos (UNDERWOOD, 1977). Nas aves a maior concentração do manganês é nos ossos, com cerca de 3 a 4 $\mu\text{g/g}$ de tecido, enquanto no fígado apenas 2 $\mu\text{g/g}$. Em 1931, demonstraram que o manganês era um elemento essencial para a nutrição (LEESON; SUMMERS, 2001).

Esse mineral é componente de enzimas importantes no metabolismo dos carboidratos, lipídios e proteínas, como a arginase, piruvato carboxilase e manganês-superóxido dismutase, além de ser ativadoras das enzimas hidrolases, quinases, descarboxilases e transferases (FIGUEIREDO JUNIOR, 2010). Segundo McDowell (1992), apesar de prioritário na ativação dessas enzimas, o manganês pode ser substituído pelo magnésio com pouca ou nenhuma perda de atividade. O manganês pode também formar quelatos com os aminoácidos, como o complexo aminoácidos-piridoxal-fosfato-manganês, o qual é transportado mais rapidamente no organismo do que os aminoácidos isoladamente (ANDRIGUETTO, 1984).

Segundo Fassani et al. (2000), o manganês é importante na produção e na qualidade dos ovos, pois ele participa ativamente no processo produtivo e na atividade fisiológica normal das aves. É responsável em ativar as enzimas envolvidas na síntese de mucopolissacarídeos e glicoproteínas que contribuem na formação da matriz orgânica dos ossos e da casca do ovo (GEORGIEVSKII, 1982).

A absorção do manganês ocorre no intestino delgado, porém sua eficiência de absorção é baixa, pois outros minerais como o cálcio, fosforo e o ferro podem reduzir a solubilidade desse mineral inibindo sua absorção. Segundo Leeson e Summers (2001) o manganês compete pelos mesmos sítios de absorção do ferro e do cobalto no enterócito. Ademais, um grande antagonista do manganês são os fitatos, e a adição de fitases nas dietas podem reduzir esse efeito (UNDERWOOD; SUTTLE, 2001) Para Underwood (1999), a quantidade de manganês absorvida é proporcional à concentração na dieta, porém sua eficiência de absorção reduz em níveis mais altos. O processo de absorção e de excreção do manganês, segundo Leeson e Summers (2001), parecem depender da formação de um quelato natural, principalmente com os sais biliares. Nas

aves, a quantidade de manganês retida pode diminuir quando se fornece fonte extra do mineral, assim essa retenção de 5% do total ingerido pode diminuir para 2,8% ao serem adicionados quantidades acima da necessidade da ave (GRANA, 2008).

Assim que absorvido, o manganês é transportado até o fígado através da transferrina (DAVIDSSON et al., 1989), onde qualquer excesso é lançado na bile e é eliminado pelas fezes (McDOWELL, 1999). Para Halpin e Baker (1986) pouca quantidade de manganês será reabsorvida no intestino.

A deficiência de manganês na dieta pode causar perose nas aves em crescimento, fazendo com que as aves andem com as pernas arqueadas, e nas aves em postura ocorre queda na produção, menor peso dos ovos e aumento na incidência de cascas fracas e defeituosas (ANDRIGUETTO, 1984).

2.5 Cobre

A partir de 1930 quando demonstrou-se que doenças em ovelhas e bovinos eram causadas por deficiência de cobre, houve maior interesse de como esse mineral poderia afetar na nutrição animal (LEESON; SUMMERS, 2001).

O cobre é um mineral essencial, cofator de vários sistemas enzimáticos, como o citocromo oxidase, além de participar da formação dos ossos e especialmente da cartilagem, desenvolvimento e coloração das penas e pode ser encontrado em alguns pigmentos (LEESON; SUMMERS, 2001; SCHEIDELER, 2008).

Segundo Maynard (1984), o cobre é parte integrante da uricase, tirosinase, lisil oxidase, benzalamina oxidase e diamina oxidase. Esse mineral é componente de proteínas no sangue, como a eritrocupreína, está relacionado com o metabolismo e absorção do ferro e com metabolismo do oxigênio (UAUY et al., 1998). O cobre relaciona-se com o metabolismo do ferro devido ser parte integrante da ceruloplasmina, enzima composta por seis átomos de cobre e responsável pela mobilização de ferro dos tecidos para o plasma por meio de oxidação e incorporação do mesmo a transferrina plasmática.

É importante enfatizar que o cobre participa da mineralização dos ossos e atua na defesa do organismo contra o estresse oxidativo (NYS et al., 2003). Segundo Baumgartner et al. (1978), o cobre desempenha uma função importante na formação da matriz da casca do ovo influenciando a estrutura e a forma da casca, pois em seu estudo foi observado que aves com deficiência de cobre apresentaram cascas com uma distribuição anormal nas fibras causadas por alterações em ligações cruzadas de derivados de lisina o que resultou em ovos deformados e propriedades mecânicas anormais indicando uma alta incidência de ovos com casca fina e mal formados.

A absorção do cobre depende da quantidade que é ingerido, visto que, altas concentrações favorecem sua absorção por mecanismo de difusão simples, enquanto que em baixas concentrações, o transporte necessita de gasto de energia (MAIORKA; MACARI, 2002). Ademais, segundo Leeson e Summers (2001), ocorrem interações entre o cobre e outros minerais, principalmente com o zinco, pois esse mineral tem alta afinidade com o transportador do cobre. Assim, altos níveis de zinco na dieta podem causar deficiência do cobre devido à redução na sua absorção, logo que, o zinco tem alta afinidade pelo transportador do cobre causando interações entre esses minerais (LEESON; SUMMERS, 2001). Após a absorção, o cobre é transportado principalmente através da albumina e a transcupreína para o fígado e rins; no fígado o cobre se envolve numa ligação com a glutatona e depois com a metalotionina e então é dividida entre a secreção biliar, síntese de ceruloplasmina e estocagem (UNDERWOOD, 1999).

A disponibilidade do cobre nos alimentos é pequena, cerca de 4%, e isso está ligado à forma química e sua solubilidade (ORTOLANI, 2002). Normalmente utiliza-se o sulfato de cobre como principal fonte inorgânica desse mineral, porém este apresenta pouca disponibilidade pois é um composto pouco solúvel, e quando a utilização de cobre está ligado à aminoácidos (lisina e metionina) podem aumentar sua absorção.

3. MINERAIS INORGÂNICAS

Os minerais inorgânicos são de origem geológica ou industrial e existe uma variedade de compostos utilizados nas rações de poedeiras, em que a finalidade e a proporção que será usada

dependem do percentual e da disponibilidade do elemento (ARAÚJO, et al., 2008). Normalmente os microminerais são suplementados na forma de sais inorgânicos, porém estes, tem facilidade de dissociar-se no ambiente de baixo pH do trato gastrointestinal superior, deixando-os mais susceptíveis a vários nutrientes e aos antagonistas que podem prejudicar a absorção e reduzir consequentemente sua biodisponibilidade (UNDERWOOD; SUTTLE, 1999).

Para Ashmead (1993) existem interações com o pH do trato gastrointestinal e também com a dieta ingerida, que podem interferir ativamente na absorção mineral, requerendo anteriormente a este processo, uma solubilização prévia da fonte mineral no lúmen intestinal. Para o mesmo autor, o processo de absorção é dependente do pH e, portanto, o ambiente ácido do proventrículo melhora a solubilização enquanto que o pH neutro do intestino delgado reduz, assim, os minerais podem se tornar insolúveis, impedindo sua absorção durante a passagem no intestino.

As moléculas inorgânicas, segundo Vieira (2008) quando solubilizados em formas iônicas apresentam cargas elétricas que podem comprometer sua absorção por interagirem com outros componentes da dieta. Ademais, no intestino delgado, o transporte para o interior do enterócito ocorre por difusão passivo ou transporte ativo, e estes íons necessitam estar atrelados em um agente ligante ou a uma molécula transportadora que permita sua passagem através da parede intestinal, sendo então absorvidos (HERRICK, 1993). Porém, muitas vezes, os minerais não encontram o agente ligante e acabam sendo excretados.

Os microminerais ou elementos traços tem sido fornecido na dieta na forma inorgânica, como por exemplo, os sais de sulfato, óxidos, carbonatos e outros. Essas fontes são incluídas na dieta em quantidades maiores que as recomendadas, para garantir a disponibilidade do mineral e uma oferta adequada para os tecidos dos animais (MANANGI et al., 2015), pois uma vez no trato gastrintestinal, esses minerais na forma iônica, podem interagir com outros componentes da dieta e ficar indisponível para o animal (VIEIRA, 2008). De acordo com Herrick (1993), os minerais necessitam, no momento da absorção, estar atrelados a uma agente ligante ou à uma molécula transportadora que permita sua passagem através da parede intestinal, muitas vezes não encontram esses ligantes e acabam sendo excretados, através das reações com outros compostos

ou no processo de competição pelos sítios de absorção entre os elementos minerais, com interações antagônicas que irá inibir a absorção dos mesmos.

Devido a essa característica dos minerais inorgânicos, aumentou-se o interesse pela suplementação mineral quelatada ou orgânica, denominada assim devido serem ligadas a moléculas orgânicas. Essas ligações tornam os minerais mais estáveis e menos sujeitos a interações, tornando-os mais disponíveis ao organismo quando comparados as fontes inorgânicas (RICHARDS et al., 2010).

4. MINERAIS QUELATADOS OU ORGÂNICOS

Para a AAFCO (2000), minerais quelatados ou orgânicos são íons metálicos ligados quimicamente a uma molécula orgânica, formando estruturas com características únicas de estabilidade e de alta biodisponibilidade mineral. Essas moléculas orgânicas podem ser aminoácidos, peptídeos e até complexos polissacarídeos que se ligam aos minerais em mais de um ponto, assegurando que o metal se torne parte de uma estrutura biologicamente estável (RUTZ; MURPHY, 2009).

Para Lima (2014), os minerais orgânicos começaram a ser pesquisados e utilizados na dieta animal nos anos 60, quando percebeu-se que esses quelatos tinham o aproveitamento otimizado. Existem várias formas de complexos metálicos disponíveis no mercado para uso na alimentação animal, porém a AAFCO (1997), estabeleceu as seguintes definições para esses produtos minerais:

- a) Complexo aminoácido-metal: produto resultante do complexo entre um sal metálico solúvel com aminoácido (s);
- b) Complexo metal-aminoácido específico: produto resultante do complexo entre um sal metálico solúvel com aminoácido específico;
- c) Quelato aminoácido-metal: produto resultante da reação entre um íon metálico oriundo de um sal metálico solúvel com aminoácidos dentro de uma relação molar de um mole de metal para uma a três moles de aminoácidos;
- d) Metal proteinado: produto resultante da quelação de um sal solúvel com uma proteína parcialmente hidrolisada;

- e) Complexo metal polissacarídeo: produto resultante do complexo entre um sal solúvel e uma solução de polissacarídeo.

Há outras técnicas de quelação que dependendo do tamanho da molécula e da natureza do composto orgânico no qual o íon metálico está complexado podem ser definidas como transquelatos e carbo-amino-fosfo quelatos.

Os transquelatos são moléculas metálico-orgânicas que transportam mais de um átomo do mesmo metal ou de metais diferentes, ligados por ligações covalentes de coordenação a peptídeos com dois ou a dez aminoácidos, tornando um quelato de peso molecular maior que um simples (SILVA; BARUSELLI, 2001).

Os carbo-amino-fosfo quelatos são produtos resultantes da complexação de um ou mais minerais com oligo e polissacarídeos fosforilado enzimaticamente por processos fermentativo, de maneira que a matriz de polissacarídeo envelopa o mineral traço e dá uma proteção física a degradação intestinal, formando moléculas que permitem maior absorção dos minerais sem efeitos negativos das interações com outros minerais e componentes da dieta (CAZES; SOARES, 2004; RUTZ; MURPHY, 2009). Assim esses complexos são compostos por um açúcar fosforilado (glicose-6-fosfato) + o metal (Zn, Cu, Fe, etc) em um meio aquoso (água) + aminoácido (RUTZ; MURPHY, 2009).

Para Richards e Dibner (2005) a grande vantagem dos minerais quelatados é a estabilidade do complexo no trato gastrointestinal superior, evitando o antagonismo e/ou perda do mineral por excreção. Esses complexos devem resistir à dissociação no papo, proventrículo e moela e chegar ao intestino intacto onde então poderá ser absorvido (RUTZ; MURPHY, 2009). Para Santos (1998), a vantagem da suplementação com minerais orgânicos é a possibilidade de ter maior controle do nível de minerais na célula, devido a elevada biodisponibilidade do mineral, ou seja, a capacidade de transpor facilmente a barreira das paredes intestinais e entrar em circulação no organismo; baixa toxicidade dos minerais e a fácil inserção dos minerais nas moléculas específicas do organismo, onde exercem suas funções.

Diferentemente dos minerais de fonte inorgânica, a melhor absorção das fontes orgânicas é devido a menor possibilidade de interação durante a digestão, pois eles são quimicamente inertes, além disso, a presença de metal na sua estrutura torna-o resistente à ação das peptidases

que poderiam quebrar as ligações internas dos peptídeos destruindo os quelatos (SALDANHA, 2008). Para o mesmo autor, o mecanismo de absorção das fontes orgânicas de minerais é semelhante aos das proteínas, a diferença é que devido sua estrutura, eles são menos hidrolisados no interior das células, sendo posteriormente transportados intactos pelo sangue até o sítio de atuação onde, acredita-se, que ocorra a separação do íon metálico. Santos (1998) ainda acredita que possa ter a possibilidade, em alguns casos, dependendo do tipo de molécula, que o quelato como um todo seja metabolicamente aproveitado.

Para Ashmead (1993) no momento da absorção intestinal o quelato assume as características de um tripeptídeo ou dipeptídeo e seu baixo peso molecular é a chave para que o processo ocorra como molécula intacta. Segundo esse mesmo autor, acredita-se que a molécula do quelato associa-se com a glutatona, um tripeptídeo presente nas mucosas das células das membranas, na sua porção gama-glutamil, e assim uma quebra enzimática do complexo quelato-glutatona e alterações de pH poderia resultar no transporte da molécula quelatada do lúmen da mucosa para o citoplasma. Após atravessar as células da mucosa, o quelato é direcionado para membrana basal e então seria transferido para o plasma com molécula intacta, sem necessidade de um transportador intracelular, apenas através de pressão osmótica e energia cinética de difusão influenciando seu movimento (ASHMEAD, 1993).

Apesar de ocorrer uma certa quantidade de hidrólise de peptídeos no citoplasma da célula, nos quelatos essa hidrólise acontece com menos frequência, devido a estrutura de anel formado com o metal que impede sua quebra. Para Ashmead (1993) a separação real do metal da molécula orgânica deve ocorrer nos locais de uso, através possivelmente de ações enzimáticas em conjunto com as alterações de pH que reduzem as constantes de estabilidade do quelato favorecendo a liberação do metal.

A absorção dos minerais quelatados é superior as fontes inorgânicas pois normalmente utilizam as vias de absorção das moléculas orgânicas que os ligam e não os transportadores clássicos de minerais, fazendo com que não haja problemas de interações com outros minerais (KRATZER; VOHRA, 1986; RUTZ et al., 2007). No intestino o aminoácido ligado ao mineral age como transportador, permitindo a passagem do mineral através da parede intestinal para a corrente sanguínea (SALDANHA, 2008).

Para Ammerman et al. (1995), a definição de biodisponibilidade de um nutriente é a fração do nutriente ingerido que é absorvido e ficará disponível a ser utilizado pelo metabolismo animal. A biodisponibilidade dos minerais traços é influenciada pelo nível de consumo do mineral, a forma química, a digestibilidade da dieta, as interações com outros minerais e nutrientes, tipo de fonte, agentes quelantes e outros (SALDANHA, 2008). Para Boiago et al. (2007), quanto maior a disponibilidade dos minerais maior é a vida útil das aves, pois estes nutrientes têm funções essenciais no organismo, como participação na formação do tecido conjuntivo, manutenção do equilíbrio da membrana celular e ativação de reações bioquímicas através da participação dos sistemas enzimáticos.

Para Kiefer (2005) com a melhoria na biodisponibilidade, os minerais quelatados proporcionam maior absorção e estocagem desses elementos traços, devido a proteção contra os efeitos adversos presente no trato gastrointestinal. Devido maior disponibilidade dos minerais quelatados, eles podem substituir os minerais inorgânicos em níveis mais baixos, sem que comprometa ou até mesmo melhore o desempenho das aves (SPEARS et al., 1992). Com a utilização de níveis mais baixos dos minerais quelatados ocorre uma redução na poluição ambiental (LEE et al., 2001)

Esse efeito de redução mineral na excreção foi verificado no estudo de Boruta et al. (2007), onde compararam o desempenho de poedeiras recebendo fontes orgânicas e inorgânicas de minerais e verificaram que a resistência óssea aumentou e a excreção mineral reduziu em todos os tratamentos que receberam a fonte orgânica. Como os minerais complexados são mais estáveis bioquimicamente e não reagem com outras moléculas na luz intestinal, os minerais são transportados para os tecidos onde permanecem armazenados por períodos mais longos que os minerais inorgânicos (RUTZ et al., 2007) e são excretados em menores concentrações nas fezes (COSTA et al., 2008).

Segundo Ao e Pierce (2006) suplementando poedeiras com níveis de minerais orgânicos e inorgânicos, verificaram que o grupo que recebeu menor nível da fonte orgânica apresentou melhora na qualidade da casca e na produção de ovos. Stefanello et al. (2014) verificaram menor perda de ovos e maior resistência da casca com a suplementação da fonte orgânica de manganês, cobre e zinco quando comparada com a fonte inorgânica na ração de poedeiras. Spring (2013)

reuniu 23 pesquisas entre 1996 e 2008 e verificou que a utilização de proteínatos aumentou a espessura e a resistência da casca e consequentemente diminuiu a porcentagem de ovos trincados ou rachados.

Para Abdallah et al. (2009) os minerais inorgânicos podem ser substituídos por fontes orgânicas sem que haja prejuízo no desempenho dos animais. No estudo de Delezie et al. (2014) comparando dosagens de diferentes fontes de selênio na dieta de poedeiras, verificaram que a selenometionina proporcionam benefícios adicionais, como maior conteúdo do mineral no ovo.

Porém Cruz et al. (2016) não verificou diferenças na qualidade e estabilidade de ovos entre fontes minerais orgânicas e inorgânicas de cobre, ferro, manganês, zinco e selênio e licopeno na suplementação de poedeiras.

5. QUALIDADE DO OVO E TEMPO DE PRATELEIRA

O ovo é considerado um alimento nutricionalmente completo, com uma quantidade equilibrada de vários nutrientes, como proteínas, gorduras, vitaminas e minerais, além de apresentar de baixo custo de aquisição (CARVALHO, 2012).

As vantagens nutricionais do ovo, para Stefanello (2012), dependem da qualidade do produto oferecido ao consumidor. Ademais, para que o consumidor aproveite desse potencial nutritivo, é importante que ele seja conservado durante o período de comercialização, pois do momento da postura até a aquisição pode transcorrer semanas (SILVA, 2011).

Para Moreng e Avens (1990) quanto maior for esse período, pior será a qualidade interna dos ovos, pois logo a postura, eles perdem qualidade de maneira contínua. Após a postura, a qualidade do ovo não pode ser melhorada (COUTTS; WILSON, 2007)

O conceito de qualidade do ovo para os produtores está relacionado com o peso do ovo, resistência da casca e ausência de defeitos e sujidades, enquanto para os consumidores, as características mais valorizadas são o prazo final do produto, características sensoriais e a composição nutricional (FRANCO; SAKAMOTO, 2005).

Segundo Alleoni e Antunes (2001), a qualidade do ovo descreve as diferenças na produção de ovos frescos, devido as características genéticas, dietas e fatores ambientais, ou a

deterioração na qualidade do ovo durante o período de armazenamento. Para Coutts e Wilson (2007), o conceito de qualidade do ovo refere-se aos vários padrões que definem tanto a qualidade interna como a externa. Para facilitar a comercialização e a fiscalização de ovos de galinha no Brasil, seguem-se as normas da Resolução CIPOA nº 005 de 19/11/1991 que classifica os ovos apenas quanto a coloração da casca, “Branco” ou de “cor”; a tipificação do ovo, seleção por pesagem e a classificação quanto à parâmetros de casca, câmara de ar, albúmen e gema. Ainda não existe legislação que abranja especificamente a classificação de ovos de codornas

A qualidade externa do ovo está diretamente ligada com a qualidade da casca, e esta por sua vez, relaciona-se a um conjunto de fatores, como principalmente, quanto à sua integridade, textura, espessura da casca e gravidade específica. A qualidade interna dos ovos envolve as propriedades funcionais, estéticas e microbiológicas da gema e do albúmen (COUTTS; WILSON, 2007), e se refere a limpeza, viscosidade e altura do albúmen, tamanho da câmara de ar, formato e resistência da gema (SILVA, 2011).

Essas características do ovo, principalmente as internas, são afetadas diretamente com o tempo de prateleira. A redução da qualidade interna do ovo está relacionada com a perda de água e de dióxido de carbono durante o período de estocagem, sendo proporcional à elevação da temperatura ambiente (AUSTIC; NESHEIM, 1990; CRUZ; MOTA, 1996). Alterações no albúmen e na gema são perceptíveis com o armazenamento prolongado do ovo, pois a medida que o mesmo envelhece, há perda de água e dióxido de carbono para o meio ambiente, e isso provoca desequilíbrio do sistema tampão, promovendo elevação no pH do ovo (STADELMAN; COTTERILL, 1994). Para esse mesmo autor, a alcalinização do ovo promove modificações físico-químicas como liquefação do albúmen denso, movimentação de líquidos entre os compartimentos, distensão e flacidez da membrana vitelina e rompimento da gema.

O uso de microminerais quelatados é uma prática efetiva para melhorar a qualidade interna e principalmente externa do ovo. Apesar disso, é importante que novas pesquisas sejam realizadas para compreensão da atuação de novas fontes orgânicas de microminerais no desempenho de poedeiras e codornas japonesas e na qualidade dos ovos.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABDALLAH, A. G.; EL-HUSSEINY, O. M.; ABDEL-LATIF, K. O. Influence of some dietary mineral supplementations on broiler performance. **International Journal of Poultry Science**, v. 8, n. 3, p. 291-298, 2009.

ALBUQUERQUE, R. **Produção e qualidade da casca de ovos de galinhas poedeiras recebendo microminerais orgânicos em sua dieta**. 2004. 79 f. Tese (Livre-Docência). Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2004

ALLEONI, A. C. C.; ANTUNES, A. J. Unidade Haugh como medida da qualidade de ovo de galinha armazenados sob refrigeração. **Scientia Agrícola**, v. 58, n. 4, p.681-685, oct./dec. 2001.

AMMERMAM, C.B.; BAKER, D.H.; LEWIS, A.J. **Bioavailability of nutrients for animals: amino acids, minerals and vitamins**. San Diego: Academic Press, 1995.

ANDERSON, G. J.; FRAZER, D. M.; MCLAREN, G. D. Iron absorption and metabolism. **Current Opinion in Gastroenterology**, v. 25, 2009. p. 129-35.

ANDRIGUETTO, J.M.; PERLY, L.; MINARDI, I., et al. **Nutrição Animal**. 3 ed. v.1, São Paulo: Nobel, 1984.

AO, T.; PIERCE, E. T. Effects of different sources (inorganic vs Bioplex) and levels of minerals on egg production, eggshell quality and mineral content. In: SIMPÓSIO ANNUAL DA ALLTECH. Lexington, 2006, **Poster**. Lexington, Ky, 2006.

ARAÚJO, J. A. et al. Fontes de minerais para poedeiras. **Acta Veterinaria Brasilica**, v.2, n.3, p.53-60, 2008.

ASHMEAD, H. D. Comparative intestinal absorption and subsequent metabolism of metal amino acid chelates and inorganic metal salts. In:_____. **The roles of amino acid chelates in animal nutrition**. Noyes Publications: New Jersey, 1993.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PROTEÍNA ANIMAL (ABPA). **Relatório Anual 2015**. São Paulo, 2015.

ASSOCIATION OF AMERICAN FEED CONTROL OFFICIAL (AAFCO). **Official Publication**. Atlanta, 1997.

ASSOCIATION OF AMERICAN FEED CONTROL OFFICIAL (AAFCO). **Official Publication**. Atlanta, 2000.

- AUSTIC, R. E.; NESHEIM, M. C. **Poultry production**. 13.ed. London: Lea Febiger, 1990.
- BAUMGARTNER, S. et al. Copper deficiency in the laying hen. **The Journal of Nutrition**, v. 108, n. 5. p. 804-811, 1978.
- BERTECHINI, A. G. **Nutrição de monogástrico**. 2. ed. Lavras: Editora UFLA, 2012.
- BONDI, A. A. **Animal Nutrition**. 1 ed. New York: Wiley, 1987.
- BERTECHINI, A. G.; FASSANI, É. J.; FIALHO, E. T., et al. Suplementação de ferro para poedeiras comerciais de segundo ciclo de produção. **Revista Brasileira de Ciência Avícola**, v.2, n.3, 2000.
- BOIAGO, M.M. al. Características qualitativas da carne de peito de frangos de corte alimentados com diferentes fontes e concentrações de selênio. In: 44º Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, Jaboticabal. **Anais...**2007.
- BORUTA, A. et al. Organic minerals (Bioplex) as total replacement of inorganic sources for layers - effect on productivity. In: SIMPÓSIO ANNUAL DA ALLTECH, Lexington 2007. **Poster**. Lexington Ky, 2007. Poster.
- CAO, J. et al. Effect of dietary iron concentration, age and length of iron feeding on feed intake and tissue iron concentration of broiler chicks for use as a bioassay supplemental iron sources. **Poultry Science**, v. 75, p. 495-504, 1996.
- CARVALHO, L. S. S. **Desempenho produtivo e qualidade de ovos de galinhas poedeiras em segundo ciclo de postura alimentadas com minerais orgânicos**. 2012. 70 f. Dissertação (Ciências Veterinárias) – Faculdade de Medicina Veterinária, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2012.
- CAZES, R. L.; SOARES, A. Minerais orgânicos na nutrição de eqüinos. In: SIMPÓSIO SOBRE NUTRIÇÃO DE EQÜINOS, 1., 2004, Campinas. **Anais...** Campinas: CBNA, 2004, p. 61-74
- CHUNG, J.; WESSLING-RESNICK, M. Molecular mechanisms and regulation of iron transport. **Critical Reviews in Clinical Laboratory Sciences**, v. 40, 2003. p. 151-82.
- CLYDESDALE, F. M. Mineral interactions in foods. In: BODWELL, C.E.; ERDMAN JÚNIOR, J.W. **Nutrients Interactions**. Marcel Dekker: New York, 1998.
- COSTA, F. G. P. et al. **Novos avanços na nutrição de aves**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE NUTRIÇÃO ANIMAL, 1., 2008.

COUSINS, R. B. Absorption, transport and hepatic metabolism of copper and zinc: special reference to metallothionein and ceruloplasmin. **Physiology Review**, v. 65, n. 2, p. 238-309, 1985.

COUTTS, J. A.; WILSON, G. C. **Ovos de ótima qualidade - Uma abordagem rápida**. Reino Unido: 5M Publishing. 2007.

CRUZ, F. K., et al. Quality and stability of eggs from laying hens fed with organic minerals and lycopene. **Ciência Rural**, v. 46, n. 1, p. 157-162, jan., 2016.

CRUZ, F. G. G.; MOTA, M. O. S. Efeito da temperatura e do período de armazenamento sobre a qualidade interna dos ovos comerciais em clima tropical úmido. In: CONFERÊNCIA APINCO'96 DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA AVÍCOLA, 1996, FACTA, Campinas, SP. **Anais...** Campinas: Facta. 1996, p. 96.

DAVIDSSON, L. et al. Identification of transferrin as the major plasma carrier protein for manganese introduced orally or intravenously or after in vitro addition in the rat. **Journal of Nutrition**, v. 119, p. 1461-1464, 1989.

DELEZIE, et al. Comparing responses to different selenium sources and dosages in laying hens. **Poultry Science**, v. 93, p. 3083-3090, 2014.

EMMERT, J. L.; BAKER, D. H. Zinc stores in chickens delay the onset of zinc deficiency symptoms. **Poultry Science**, v. 74, p. 1011-1021, 1995.

FASSANI, E. J.; BERTECHINI, G. A.; OLIVEIRA, B. L., et al. Manganês na nutrição de poedeiras no segundo ciclo de produção. **Ciência Agrotécnica**, v. 24, n. 2, p. 468-478, 2000.

FIGUEIREDO JUNIOR, J. P. **Níveis de minerais orgânicos na alimentação de poedeiras semipesadas**. 2010. 42 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Paraíba, Areia, 2010.

FRANCO, J. R. G.; SAKAMOTO, M. I. Qualidade dos ovos: uma visão geral dos fatores que a influenciam. **Revista Avewold**, v. 3, n. 16, p. 22-27, jun./jul. 2005.

FUNARI JÚNIOR, P. **Efeitos de diferentes fontes e níveis de selênio sobre o desempenho e a imunidade humoral de frangos de corte**. 56f. Dissertação (Mestrado em Medicina Veterinária) – Faculdade de Medicina Veterinária, Universidade de São Paulo, 2008.

FURTADO, I. M. et al. Correlação entre medidas da qualidade da casca e perda de ovos no segundo ciclo de produção. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 25, n. 3, p. 654-660, 2001.

GAJČEVIĆ, Z. et al. Effects of organic selenium supplemented to layer diet on table egg freshness and selenium content. **Italian Journal of Animal Science**, v. 8, 189-199, 2009.

GARIELSEN, B. O.; OPSTVEDT, J. Availability of selenium in fish meal in comparison with soybean meal, corn gluten meal and selenomethionine relative to selenium in sodium selenite for restoring glutathione peroxidase activity in selenium-depleted chicks. **Journal of Nutrition**, v.110, n.6, p.1096-1100, 1980.

GEORGIEVSKI, V. I. **Mineral nutrition of animals**. London: Butterworths, 1982.

GIERUS, M. Fontes orgânicas e inorgânicas de selênio na nutrição de vacas leiteiras: digestão, absorção, metabolismo e exigências. **Ciência Rural**, v. 37, 2007.

GRAÑA, A. L. **Estudo de estratégias nutricionais para frangos de corte**. 2008. 102f. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Viçosa, 2008.

GROTTO, H. Z.W. Fisiologia e metabolismo do ferro. **Revista Brasileira de Hematologia e Hemoterapia**, v. 32, 2010.

GUIMARÃES, A. C. T. **Avaliação de microminerais orgânicos no desempenho reprodutivo de matrizes pesadas e resposta da progênie**. 2011. 49f. Dissertação (Mestre em Zootecnia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, 2011.

HALPIN, K. M.; BAKER, D. H. Long-term effects of corn soybean meal, wheat bran and fish meal on manganese utilization in the chick. **Poultry Science**, n. 65, p. 1371-1374, 1986.

HENRY, P. R.; AMMERMAN, C. B. Selenium Bioavailability. In: AMMERMAN, C.B.; BAKER, D.H.; LEWIS, A.J. **Bioavailability of nutrients for animals: amino acids, minerals and vitamins**. Academic Press, San Diego, 1995, p. 303-310.

HERRICK, J. B. Mineral in animal health. In: ASHMEAD, H.D. (Ed.) **The roles of aminoacid chelates in animal nutrition**. New Jersey: Noyes, 1993.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). 2013. **Produção da Pecuária Municipal**. Rio de Janeiro: IBGE, 2014.

KIEFER, C. Minerais quelatados na nutrição de aves e suínos. **Revista Eletrônica Nutrime**, v.2, n.3, p.206-220, 2005.

KRATZER, F. H.; VOHRA, P. Chelates and chelation. In _____. **Chelates in nutrition**. Boca Raton, Florida: CRC Press, 1996.

LEE, S. H. et al. Effect of feeding different chelated copper and zinc sources on growth performance and fecal excretions of weanling pigs. **Journal of Animal Science**, v.14, p.1616-1620, 2001.

LEESON, S.; SUMMERS, J. D. **Nutrition of the chicken**. 4 ed. Guelph, Ontario: University Books, 2001.

LIM, H. S.; PAIK, I. K. Effects of supplementary mineral methionine chelates (Zn, Cu, Mn) on the performance and eggshell quality of laying hens. **Asian-Australasian Journal of Animal Sciences**, v. 16, n. 12, p. 1804–1808, jan. 2003.

LIMA, A. L. **Minerais orgânicos na nutrição de aves**. In: XXIV Congresso Brasileiro de Zootecnia. Espirito Santo, 2014.

MAIORKA, A.; MACARI, M. Equilíbrio ácido-básico. In: MACARI, M.; FURLAN, R. L.; GONZALES, E. **Fisiologia aviária aplicada a frangos de corte**. 2. ed. Jaboticabal: FUNEP, 2002.

McDOWELL, L.R. **Minerals in animal and human nutrition**. v. 1. San Diego: Academic Press, 1992.

MAYNARD, L. A. **Nutrição Animal**. 3 ed. Rio de Janeiro: Freitas Bastos, 1984.

MANANGI, M. K. et al. The impact of feeding supplemental chelated trace minerals on shell quality, tibia breaking strength, and immune response in laying hens. **The Journal of Applied Poultry Research**, v. 24, n. 3, p. 316–326, jan. 2015.

MORENG, R.E.; AVENS, J.S. **Ciência e produção de aves**. São Paulo: Roca, 1990.

NYS, Y.; REVY, P. S.; JONDREVILLE, C. Zinc, cuivre et manganese en aviculture: role, disponibilite et risque pour l'environnement. **Journées de La Recherche Avicole**, Tours, mar. 2003.

ORTOLANI, E.L. Macro e microelementos. In: SPINOSA, H.S.; GÓRNIK, S.L.; BERNARDI, M.M. **Farmacologia aplicada à Medicina Veterinária**. 2. ed. Rio de Janeiro: Guanabara, 2002.

QIU, A., et al. Identification of an intestinal folate transporter and the molecular basis for hereditary folate malabsorption. **Cell Symposia**, v.127, 2006. p. 917-28.

RICHARDS, J.; DIBNER, J. Organic trace minerals are not all equally effective. **World Poultry** vol 21, p. 17-19, 2005.

RICHARDS, J. D. et al. Trace mineral nutrition in poultry and swine. **Asian-Australasian Journal of Animal Sciences**, v.23, n.11, p.1527-1534, 2010.

ROLAND, D. A. Eggshell breakage: incidence and economic impact. **Poultry Science**, v. 67, p. 1801-1803, 1998.

RODRIGUEZ-NAVARRO, A. et al. Influence of the microstructure on the shell strength of eggs laid by hens of different ages. **British Poultry Science**, v.43, p.395-403, 2002.

RUTZ, F.; PAN, E. A.; XAVIER, G. B. Efeito de minerais orgânicos sobre o metabolismo e desempenho de aves. **Revista Aveworld**, 2007.

RUTZ, F.; MURPHY, R. Minerais orgânicos para aves e suínos. In: CONGRESSO INTERNACIONAL SOBRE USO DA LEVEDURA NA ALIMENTAÇÃO ANIMAL, 1., 2009, Campinas. **Anais...** Campinas: CBNA, 2009. p. 21-36.

SALDANHA, E. S. P. B. **Efeitos de minerais orgânicos no desempenho, qualidade de ovos e qualidade óssea de poedeiras semi-pesadas no segundo ciclo de postura**. 2008. 90f. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2008.

SANTOS, R. A. **Minerais quelatados na nutrição animal**. Lavras: Universidade Federal de Lavras, 1998. 28 p. Apostila.

SCATOLINI, A. M. **Mn, Zn e Se associados a moléculas orgânicas na alimentação de galinhas poedeiras no segundo ciclo de produção**. 2007. 51f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, UNESP, 2007.

SCHEIDELER, S. E. Trace minerals balance in poultry. **World's Poultry Journal**, Proceedings of the "Midwest Poultry Federation Convention", Minnesota, U.S.A., 2008.

SECHINATO, A. S.; ALBUQUERQUE, R.; NAKADA, S. Efeito da suplementação dietética com microminerais orgânicos na produção de galinhas poedeiras. **Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science**, v.43, n.2, p. 159-166, 2006.

SILVA, R. C. F. Desempenho e qualidade de ovos de galinhas infectadas por *Mycoplasma synoviae*. 2011. 75 f. Tese (Doutorado em Higiene e Processamento Tecnológico de Produtos de origem Animal) – Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2011.

SILVA, S.; BARUSELLI, M. S. Oitavo mandamento: Reconhecer que os microminerais na forma de quelatos são mais eficientes. In: _____. **Os dez mandamentos da suplementação mineral**. Guaíba: Agropecuária, 2001. p. 79-87.

SILVA, J. H. V.; PASCOAL, L. A. F. Função de disponibilidade dos minerais. In: SAKOMURA, N. K. et al. **Nutrição de não ruminantes**. Jaboticabal: Funep, 2014.

SPEARS, J.W. et al. Efficacy of iron methionine as a source for iron for nursing pigs. **Journal of Animal Science**, v.70, p.243, 1992.

SPRING, P. Total replacement technology with organic minerals for laying hens. **International Poultry Production**, v. 20, p. 21-23, 2013.

STADELMAN, W.J.; COTTERILL, O.J. **Egg science and technology**. Food Products Press, New York/London. 1994.

STEFANELLO, C. **Microminerais orgânicos em dietas para poedeiras comerciais**. 2012. 64f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Centro de Ciências Agrárias, Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2012.

STEFANELLO, C. *et al.* Productive performance, eggshell quality, and eggshell ultrastructure of laying hens fed diets supplemented with organic trace minerals. PMID: 24570429: **Poultry Science**, v. 93, n. 1, p. 104–113, jan. 2014.

SURAI, P. F. Selenium in poultry nutrition 1. Antioxidant properties, deficiency and toxicity. **World's Poultry Science Journal**, v. 58, p. 333–347, set. 2002.

SUZUKI, K. T. Metabolomics of selenium: Se metabolites based on speciation studies. **Journal of Health Science**, v.51, 2005. p.107-114.

ŚWIĄTKIEWICZ, S.; ARCZEWSKA-WŁOSEK, A.; JÓZEFIAK, D. The efficacy of organic minerals in poultry nutrition: review and implications of recent studies. **World's Poultry Science Journal**, v. 70, n. 03, p. 475–486, set. 2014.

TORRES, A. P. **Alimentação das aves**. 1 ed. São Paulo: Edições Melhoramentos, 1969.

TRINDADE NETO, M. A. et al. Dietary effects of chelated zinc supplementation and lysine levels in ISA Brown laying hens on early and late performance, and egg quality. **Poultry Science**, v. 90, p. 2837-2844, jul. 2011.

TUCKER, H. F.; SALMON, W. D. Parakeratosis or deficiency disease in the pig. **Proceedings of the Society for Experimental Biology and Medicine**, v.88, p.613, 1955.

UAUY, R; OLIVARES, M.; GONZALEZ, M. Essentiality of copper in humans. **American Journal of clinical nutrition**, Santiago, v. 67, suppl. 5, p. 952-959, 1998.

UNDERWOOD, E. J. **The mineral nutrition of livestock**. 3 ed. Wallingford: CABI, 1999.

UNDERWOOD, E. J.; SUTTLE, N. **The mineral nutrition of livestock**. 3 ed. Foundation for Animal Health and Welfare. Penicuik, Endinburgh, UK, 1999.

VAN SOEST, P. J. **Nutritional ecology of the ruminant**. 2 ed. Ithaca: Cornell University Press, 1994.

VIEIRA, S. L. Chelated minerals for poultry. **Brazilian Journal of Poultry Science**, v.10, n.2, p.73-79, 2008.

CAPÍTULO 2

AVALIAÇÃO DO CARBO-AMINO-FOSFOQUELATO COMO UMA FONTE DE MINERAIS NA RAÇÃO DE POEDEIRAS

AVALIAÇÃO DO CARBO-AMINO-FOSFO QUELATO COMO FONTE DE MINERAIS NA RAÇÃO DE POEDEIRAS

RESUMO

Objetivou-se com o presente trabalho avaliar a suplementação de minerais quelatados sobre o desempenho produtivo, qualidade e tempo de prateleira de ovos e resistência da tíbia de poedeiras leves. Foram utilizadas 320 aves da linhagem Dekalb White, com idade entre 53 e 77 semanas, distribuídas em delineamento inteiramente casualizado em dois tratamentos, 10 repetições com 16 aves cada. Os tratamentos consistiam de uma dieta referência formulada segundo recomendações do manual da linhagem, sendo que um tratamento foi suplementado com a fonte orgânica (carbo-amino-fosfo quelato) e o outro com a fonte inorgânica (sulfato). Os microminerais presentes nos premixes eram o cobre, ferro, manganês, selênio e zinco. O experimento teve duração de 168 dias, divididos em seis períodos de 28 dias cada. A análise estatística das variáveis de desempenho, qualidade de ovo e resistência de tíbia foram comparadas pelo teste T-Student ($P \leq 0,05$). Para a variável de ovos trincados foi utilizado o teste não-paramétrico de Kruskal-Wallis. Os dados de tempo de prateleira foram submetidos ao teste T-Student em função da fonte mineral, e regressão em função dos dias de armazenamento. Para os dados de desempenho, as fontes influenciaram ($p < 0,05$) o consumo de ração, o peso e a massa de ovo. Nas variáveis relacionadas ao ovo, as fontes influenciaram ($p < 0,05$) a porcentagem de gema, o peso e a porcentagem de albúmen, o peso da casca, coloração de gema, gravidade específica, espessura da casca, resistência da casca e unidade Haugh. A resistência de tíbia não foi influenciada pelas fontes minerais. As variáveis relacionadas ao tempo de prateleira, como peso do ovo, peso, porcentagem e coloração de gema, peso e porcentagem albúmen, porcentagem de casca, espessura de casca, gravidade específica e unidade Haugh também foram influenciadas ($p < 0,005$) pelas fontes minerais. Houve interação entre tempo e a fonte mineral na unidade Haugh. A suplementação com minerais orgânicos melhora a qualidade de ovos de poedeiras leves, principalmente nas variáveis relacionadas à casca, representando assim redução nas perdas por quebra e ovos trincados. Ademais, prolonga a qualidade interna e externa do ovo durante o período de prateleira.

Palavras-chave: minerais quelatados, período de armazenamento, resistência de casca

EVALUATION OF CARBO-AMINO-FOSFOQUELATO HOW MINERALS SOURCE IN LAYING FEED

ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the supplementation of chelated minerals on performance, quality and shelf life of eggs and tibia resistance laying hens. They used 320 birds of Dekalb White lineage, aged between 53 and 77 weeks, distributed in a completely randomized design with two treatments, 10 repetitions with 16 birds each. Treatments consisted of a diet formulated lineage second reference manual recommendations, and treatment was supplemented with the organic source (carbo-amino-phospho chelate) and the other with the inorganic source (sulphate). The trace mineral premixes were present in copper, iron, manganese, selenium and zinc. The experiment lasted 168 days, divided into six periods of 28 days each. Statistical analysis of the performance variables, egg quality and tibia resistance were compared by the Student t-test ($p = 0,05$). For the variable of cracked eggs was used the nonparametric Kruskal-Wallis. The shelf life data were subjected to Student's t-test depending on the mineral source, and regression function of days of storage. For the performance data, the source influenced ($P < 0,05$) feed intake, weight, egg mass. All variables related to the egg, the sources affect ($P < 0,05$) the percentage yolk weight and the percentage of albumen weight of the shell, yolk color, specific gravity, shell thickness, peel strength and unity Haugh. The tibia strength was not influenced by the mineral springs. The variables related to shelf life, such as egg weight, weight, percentage and yolk color, weight and albumen percentage, percentage of shell, shell thickness, specific gravity and Haugh unit were also influenced ($p < 0.005$) by mineral springs. There was interaction between time and the mineral source in the Haugh unit. The organic mineral supplementation improves the quality of laying hens eggs, particularly in the variables related to the shell, thus representing a reduction in losses due to breakage and cracked eggs. Furthermore, extending the internal and external egg quality during the shelf period.

Key Words: chelated minerals, shell resistance, storage time

1. INTRODUÇÃO

A perda de ovos por problemas relacionados à qualidade da casca é uma das principais causas das perdas econômicas no setor avícola de postura, pois muitos ovos deixam de ser comercializados ou sofrem redução de preço, o que podem causar prejuízos ao produtor e ao consumidor final, já que estes podem desenvolver infecções intestinais devido a contaminação bacteriana (STEFANELLO, 2012).

Os problemas de qualidade da casca do ovo e mesmo de qualidade interna, podem estar relacionados com a dieta que a ave está recebendo, já que é necessário que esta receba quantidades suficientes de nutrientes, inclusive de minerais, para evitar o comprometimento do seu desempenho produtivo (SECHINATO, 2003; FIGUEIREDO JÚNIOR, 2010).

A nutrição afeta diretamente a qualidade dos ovos e, de modo particular, quando se trata de limitações minerais nas dietas de poedeiras, considerando que matéria prima das rações, milho e soja, são deficientes desses nutrientes, não atendendo, assim, as exigências das aves.

Os microminerais são elementos essenciais para o funcionamento normal do organismo, e são indispensáveis na formação da casca e na qualidade dos ovos. O manganês, o zinco e o cobre, por exemplo, são essenciais para a formação da casca e dos ossos; o selênio atua com função antioxidante e afeta diretamente a qualidade do ovo, além de poder mitigar a redução da unidade Haugh em ovos armazenados. O ferro está presente no ovo, principalmente na gema (SECHINATO, 2003).

A maioria das fontes minerais utilizadas na dieta de aves tem origem de compostos orgânicos como óxidos, sulfatos, carbonatos e fosfatos (ARAÚJO et al., 2008). Porém fontes orgânicas, denominados de minerais quelatados, vêm sendo utilizadas com intuito de aumentar a biodisponibilidade dos microminerais em relação às fontes inorgânicas. Minerais quelatos são íons metálicos conjugados à um carreador orgânico, que pode ser um aminoácido, um polissacarídeo ou uma proteína, ligados por ligações covalentes através de um grupamento amino ou oxigênio, dando origem à uma estrutura cíclica (LESSON; SUMMERS, 2001).

Segundo Stefanello (2012), essas fontes foram desenvolvidas e estão disponíveis no mercado, para que possam ser adicionados na dieta de poedeiras em menores quantidades quando

comparados às fontes inorgânicos, sem que haja nenhum efeito negativo sobre o desempenho das aves.

Sendo assim, objetivou-se avaliar o desempenho, a qualidade, a influência do tempo de prateleira dos ovos e a resistência da tíbia de poedeiras leves suplementadas com fonte mineral orgânica e inorgânica.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Local e execução

O experimento foi conduzido no período de agosto de 2014 a fevereiro de 2015, no Setor de Avicultura do Departamento de Zootecnia, Centro de Ciências Agrárias, pertencente a Universidade Federal da Paraíba, Campus II, na cidade de Areia-PB, Brasil. O experimento teve duração de 168 dias divididos em seis períodos de 28 dias cada período.

2.2 Animais e instalação

Foram utilizadas 320 aves da linhagem Dekalb White com idade entre 53 a 77 semanas de idade, alojadas em galpão convencional de postura, coberto com telhas de barro, com comedouros tipo calha e bebedouros tipo *nipple*, sendo agrupadas em gaiolas de arame galvanizado com dimensões de 24 cm x 37 cm x 41 cm recebendo água e ração à vontade. O programa de luz adotado foi de 19 horas de luz (natural + artificial). Na Tabela 1, as temperaturas máxima e mínima registradas durante o período experimental.

Tabela 1. Médias de temperatura e umidade relativa do ar obtidas durante todo período experimental com poedeiras suplementadas com fontes minerais orgânicas e inorgânicas

Temperatura (°C)			Umidade Relativa (%)		
Máxima	Mínima	Média	Máxima	Mínima	Média
27,7	20,0	22,44	89,5	84,8	81,4

2.3 Tratamento e dietas

As aves foram distribuídas em delineamento inteiramente casualizado em dois tratamentos, 10 repetições com 16 aves por unidade experimental. Os tratamentos foram suplementados com o uso de premixes vitamínicos minerais, na dosagem de 2kg/ton, sendo uma fonte orgânica (Tortuga minerais – carbo-amino-fosfo quelato) e uma fonte inorgânica (sulfato), com os níveis recomendados pela DSM®, mg/kg e para linhagem Dekalb White, mg/kg respectivamente mostrados na Tabela 2. A dieta referência (Tabela 3) foi formulada de acordo as recomendações do manual da linhagem Dekalb White (GRANJA PLANALTO, 2009).

Tabela 2. Níveis recomendados pela DSM® e para Dekalb em miligramas por quilo

MICROMINERAL	FONTE	
	Orgânica (carbo-amino-fosfo quelato)	Inorgânica (sulfato)
Cobre	8,6	8,0
Ferro	43,7	60,0
Zinco	43,7	60,0
Selênio	0,34	0,25
Manganês	56,4	70,0

Tabela 3. Composição da ração basal

Ingredientes	Dieta basal
Milho 7,88%	59,54
Farelo de Soja 45%	27,04
Óleo de Soja	1,38
Calcário	9,58
Fosfato Bicálcico	1,65
Sal Comum	0,40
DL-metionina	0,13
Cloreto de Colina	0,07
Premix Vitamínico Mineral teste ^{1, 2}	0,20
Antioxidante ³	0,01
Total	100
Composição Química	
Energia Metabolizável (kcal/kg)	2750
Proteína Bruta (%)	17,00
Metionina + Cistina digestível (%)	0,610
Metionina (%)	0,369
Lisina digestível (%)	0,808
Cálcio (%)	4,100
Fósforo (%)	0,431
Cloro (%)	0,296
Potássio (%)	0,667
Sódio (%)	0,175
Ácido Linoleico (%)	2,104
Balanço eletrolítico (mEq/kg)	163,00

¹ Premix vitamínico mineral orgânico por kg de produto: ácido fólico, 500 mg; ácido nicotínico, 15 g; ácido pantotênico, 4.000 mg; biotina, 50 mg; colina, 150 g; vitamina A, 4.000.000 UI; vitamina B1, 1.250 mg; vitamina B2, 2.500 mg; vitamina B6, 1,755 mg; vitamina B12, 7.500 µg; vitamina D3, 1.500.000 UI; vitamina E, 10.000 UI; vitamina K3, 1.250 mg; carbo-amino-fosfoquelato de cobre, 4.300 mg; carbo-amino-fosfoquelato de ferro, 21,85 g;

carbo-amino-fosfoquelato de manganês, 28,20 g carbo-amino-fosfoquelato de selênio, 170 mg; carbo-amino-fosfoquelato de zinco, 21,85 g; iodato de cálcio, 500 mg e fitase, 300.000 FYT.

² Premix vitamínico mineral inorgânico por kg de produto: ácido fólico, 500 mg; ácido nicotínico, 15 g; ácido pantotênico, 4.000 mg; biotina, 50 mg; colina, 150 g; vitamina A, 4.000.000 UI; vitamina B1, 1.250 mg; vitamina B2, 2.500 mg; vitamina B6, 1,755 mg; vitamina B12, 7.500 µg; vitamina D3, 1.500.000 UI; vitamina E, 10.000 UI; vitamina K3, 1.250 mg; sulfato de ferro, 30 g; sulfato de manganês, 35 g; sulfato de zinco, 30 g; sulfato de cobre, 4.000 mg; selenito de sódio, 125 mg; iodato de cálcio, 500 mg e fitase, 300.000 FYT. ³ Etoxiquin.

2.4 Variáveis estudadas

2.4.1 Desempenho

Foram avaliados consumo de ração (CR, g/ave/dia), produção de ovos (PR, %), peso dos ovos (PO, g), massa de ovo (MO, g/ave/dia), conversão por massa de ovo e por dúzia de ovo (CAMO, kg/kg e CADZ, kg/dz), ovos por ave alojada (OAA) e produção de ovos trincados (%).

O consumo de ração foi determinado a partir da diferença da ração fornecida e as sobras existentes no final de cada período, corrigido pela mortalidade das aves em cada período experimental; a produção de ovos foi obtida anotando-se a produção diária por parcela; o peso do ovo foi obtido após a pesagem dos ovos de cada parcela; a massa do ovo foi determinada multiplicando a produção de ovos pelo peso do ovo das aves de cada repetição e dividido por cem. Para determinação da conversão por massa de ovo, o consumo de ração de cada repetição foi dividido pela massa do ovo; a conversão por dúzia de ovo foi calculada dividindo o consumo de ração pelo número de dúzias produzidas por ave. Determinou-se ovos/ave alojada através do somatório de todos os ovos produzidos dividido pela mortalidade. A produção de ovos trincados foi determinada através de anotações diárias dos ovos que apresentavam rachaduras ou que estavam quebrados.

2.4.2 Qualidade do ovo

No 26, 27 e 28º dia de cada período experimental, para determinação das características quantitativas e qualitativas dos ovos, o total de ovos da parcela foi coletado, pesado e em seguida 10 ovos foram separados no peso médio para avaliações do peso e porcentagem de gema (PG, g;

PORG, %), peso e porcentagem de albúmen (PA, g; PORA, %), peso e porcentagem de casca (PC, g; PORC, %), espessura da casca (EC, mm), gravidade específica (GE, g/mL), coloração de gema, resistência da casca (RC, kg) e unidade Haugh (UH).

Os ovos foram pesados individualmente e para determinação do peso dos componentes do mesmo, procedeu-se a quebra do ovo, em seguida foi mensurado a altura do albúmen para calcular a unidade Haugh e, posteriormente, a gema foi pesada e as cascas colocadas em estufa por 15 h e pesadas. O peso do albúmen foi determinado pela diferença entre o peso do ovo menos os pesos da gema e da casca. As porcentagens de gema, albúmen e casca foram determinadas pela relação entre o peso do ovo e o peso dos respectivos componentes.

Para determinação da espessura da casca foi utilizado o micrômetro digital Mitutoyo de 0-25mm, com precisão de 0,001 mm. A cor da gema foi determinada pelo leque colorimétrico da DSM Nutritional Products.

A resistência da casca foi determinada em cinco ovos íntegros por parcela, sendo utilizado o aparelho TA.X T2 Texture Analyser (Stable Micro Systems, Surrey, England), pertencente ao Laboratório de Produtos de Origem Animal da UFPB/CCA. A célula de carga utilizada foi de 5 kg. A sonda foi a P5 DIA Cylinder de aço inoxidável de 5 mm de diâmetro, com distância de 6 mm e velocidade pré de 3,0, durante de 0,5 e pós-teste de 5,0 mm/s. A força de gatilho da sonda foi de 3,0g. O ovo foi colocado longitudinalmente apoiado em um cadinho de porcelana e, posteriormente, a sonda pressionou a casca até que ocorresse a fratura, e assim a força utilizada para perfurar ou fraturar o ovo foi usada para determinar a resistência da casca.

Para determinação da gravidade específica, quatro ovos foram imersos em nove soluções salinas, com densidades com entre 1,070 e 1,090 g/mL, com variação de 0,025 g/mL segundo metodologia descrita por Hamilton (1982).

A unidade Haugh foi determinada após a quebra do ovo e o albúmen foi colocado em uma superfície lisa e plana, e assim medido sua altura com auxílio de um altímetro. Para calcular a unidade Haugh foi utilizada a equação $UH = 100 \log(H + 7,57 - 1,7w^{0,37})$, onde: UH = unidade Haugh, H = altura do albúmen (mm) e W = peso do ovo (g), de acordo com a metodologia descrita por Card e Neishein (1978).

2.4.3 Tempo de prateleira dos ovos

Para o tempo de prateleira dos ovos foi utilizado um arranjo fatorial 2 x 5, sendo duas fonte mineral e cinco dias de armazenagem. Essa análise foi determinado no terceiro (62 semanas de idade das aves) e quinto (70 semanas de idade das aves) período experimental. Em cada período foram coletados 600 ovos, 30 por parcela, em dois dias consecutivos, armazenados em uma sala com temperatura ambiente média de 26 °C e analisados no 0° (dia da coleta), 4°, 8°, 16° e 21° dia após o armazenamento.

As variáveis analisadas foram peso do ovo (PO, g), peso e porcentagem de gema (PG, g; PORG, %), peso e porcentagem de albúmen (PA, g; PORA, %), peso e porcentagem de casca (PC, g; PORC, %), espessura da casca (EC, mm), gravidade específica (GE, g/mL), coloração de gema e Unidade Haugh (UH).

2.4.4 Resistência da tíbia (kg)

Ao final do período experimental, com 77 semanas de idade, 10 aves por tratamento foram abatidas e coletadas as tíbias para determinação da resistência óssea. As aves foram eutanasiadas por meio de eletronarcose seguindo de exsanguinação. Foram coletados as tíbias esquerdas das aves que posteriormente foram descarnadas para realização da resistência.

A resistência da tíbia foi realizada no aparelho TA.X T2 Texture Analyser (Stable Micro Systems, Surrey, England), com uma célula de carga de 50 kg e velocidade de 50 mm/min. O acessório para a fratura 3 POINT BEND RIG (HDP/3PB) foi regulado para permitir uma distância entre a diáfise de 3,0 cm (Park et al., 2003). As tíbias foram posicionadas em apoios na região das epífises e sem apoio na região central, onde foi aplicado a força para fratura.

2.5 Análise estatística dos dados

As análises estatísticas foram realizadas utilizando o programa computacional Statistical Analysis System (SAS Institute, 1998). As variáveis de desempenho, qualidade de ovo e resistência de tíbia foram comparadas pelo teste T-Student a 5% de probabilidade.

O modelo matemático utilizado foi:

$$\gamma_{ij} = m + t_i + e_{ij}$$

Em que:

γ_{ij} = observação do tratamento (i) na repetição (j);

m = média experimental;

t_i = efeito do tratamento;

e_{ij} = erro experimental.

Para a variável de ovos trincados foi utilizado o teste não-paramétrico de Kruskal-Wallis. Os dados de tempo de prateleira foram submetidos ao teste T-Student em função da fonte mineral, e análise de regressão em função do tempo de prateleira.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Desempenho

O resultado das variáveis de desempenho avaliadas das aves suplementadas com microminerais de fontes orgânicas e inorgânicas são apresentadas na Tabela 4. Houve diferença ($p < 0,05$) entre os tratamentos para o consumo de ração, peso do ovo e massa de ovo.

Tabela 4. Desempenho de poedeiras suplementadas com fontes de microminerais

Variáveis	Fonte dos microminerais		CV (%)	P
	Orgânica	Inorgânica		
Consumo de ração (g/ave/dia)	114,62 a	112,30 b	3,27	0,0014
Produção de ovos (%)	92,66	92,15	3,86	0,4397
Produção de ovos trincados (%)*	1,35	1,37	43,13	0,9147
Peso de ovo (g)	65,69 a	64,93 b	2,57	0,0166
Massa de ovo (g)	60,85 a	59,82 b	4,06	0,0256
Conversão por massa de ovo (g/g)	1,88	1,88	3,94	0,9016
Conversão por dúzia de ovos (kg/dúzia)	1,48	1,47	4,06	0,1631
Ovos/ave alojada	152,53	150,74	2,86	0,3689

C.V.= Coeficientes de variação.

Médias na mesma linha seguida por letras diferentes diferem ($p < 0,05$) pelo teste T.

*Teste não paramétrico de Kruskal-Wallis.

Não houve efeito ($p > 0,05$) entre os tratamentos nas variáveis de produção de ovos, produção de ovos trincados, conversão por massa de ovo, conversão por dúzia de ovo e ovos por ave alojada.

No estudo de Alves et al., (2015) que analisaram a substituição dos minerais orgânicos e inorgânicos e duas granulometrias de calcário na dieta de poedeiras leves, concluíram que não houve diferença entre os premixes utilizados sobre nenhuma das variáveis de desempenho. Xiao et al. (2015), compararam fontes minerais de manganês na dieta de Hy-Line Brown e verificaram que os níveis e as fontes minerais não afetam a produção de ovos, a conversão alimentar e o consumo de ração.

A produção de ovos trincados foi maior para o tratamento com a inclusão dos microminerais na fonte inorgânica. Estudo realizado por Manangi et al., (2015), a inclusão de minerais quelatados não mostrou influência sobre a produção de ovos trincados. Porém segundo Carvalho (2012) as cascas de ovos produzidos por aves alimentadas com minerais orgânicos apresentam uma menor quantidade de poros quando comparadas com ovos oriundos de poedeiras suplementados com minerais inorgânicos, o que pode promover uma barreira maior contra a

contaminação por agentes patológicos e diminuir perdas causadas no decorrer do processo de produção.

As aves que receberam suplementação com microminerais na forma orgânica apresentaram maior consumo de ração em relação às aves que receberam suplementação com microminerais inorgânicos. Cruz (2013) verificou que a inclusão dos mesmos microminerais de fonte orgânica estudados nesse experimento, promoveu maior consumo de ração quando comparados com a fonte inorgânica; concluindo que esse aumento no consumo de ração pode estar relacionado à atividade antioxidante dos microminerais. Segundo Jing et al., (2015), pode ser atribuído a atuação do selênio, devido a sua maior biodisponibilidade na forma orgânica, pois ele reduz os efeitos do estresse térmico. Sabe-se que este mineral está relacionado com a enzima glutathione peroxidase, a qual atua na eliminação dos peróxidos e radicais livres e assim neutraliza o estresse oxidativo (Surai, 2000) associada com a vitamina E (Bertechine, 2012). O zinco e o cobre participam da superóxido dismutase I, enzima que proporciona também uma defesa contra os efeitos nocivos dos radicais livres (LINDER; HAZEGH-AZAM, 1996). Nesse estudo, o efeito antioxidante desses minerais podem ter contribuído para diminuir o estresse térmico, já que recomenda-se temperaturas entre 18 a 25°C dentro dos galpões de postura, o que aumentou o consumo de ração.

Esse estudo corrobora com os achados de Lim e Paik (2003) que verificaram aumento no consumo de ração quando houve suplementação de Zn-Mn-Cu orgânicos na dieta de poedeiras, assim como Jing et al. (2015) que suplementaram poedeiras leves com diferentes fontes de selênio e verificaram que nas ultimas fases experimentais houve aumento no consumo de ração pelas aves que receberam a fonte orgânica de selênio. Por outro lado, Lim e Paik (2006), Stefanelo et al., (2014), Alves et al., (2015), Manangi et al., (2015) e Xião et al., (2015) não encontraram efeito significativo no consumo de ração.

O peso e a massa do ovo foram maiores a partir das aves que receberam a fonte orgânica. Resultados semelhantes foram encontrados por Figueiredo Junior (2010), onde concluiu que as médias de peso e massa e ovo foram menores para os ovos das aves suplementados com microminerais inorgânicos e que os tratamentos com menores níveis de microminerais orgânicos tiveram médias maiores para essas duas variáveis. Maciel et al., (2010), verificaram que um

complexo orgânico com 50% de zinco, cobre e manganês produziram ovos mais pesados, e conforme esses autores esse aumento deve ter ocorrido pela combinação dos três minerais, já que eles participam diretamente na formação do ovo.

Variações semelhantes no peso do ovo com o uso de microminerais de fonte orgânica também foram relatadas por Manangi et al., (2015) e Dikmen et al. (2015). Dikmen et al., (2015), relatam que fontes orgânicas de minerais traços quando comparado com as inorgânicas, apresentam maior biodisponibilidade e solubilidade resultando em menor interação dos microminerais com outros elementos durante a passagem e a absorção no trato digestório.

A melhora no peso do ovo e consequente na massa do ovo, pode ser atribuído a ação conjunta dos microminerais e a maior biodisponibilidade da fonte orgânica na formação do ovo e seus componentes, pois segundo, Branton et al. (1995) e Paik (2001), os minerais complexados à moléculas orgânicas não sofrem dissociação em pH ácido, permanecendo com carga neutra durante a passagem no trato gastrointestinal, não reagindo com outras moléculas presentes na luz intestinal sendo então mais absorvidos pelas aves (COSTA et al., 2008). Ademais, não há interação entre os microminerais suplementados na forma orgânica e sua atuação no organismo é facilitada (FIGUEIREDO JUNIOR, 2010). Os microminerais presente no premix utilizado, como por exemplo o zinco, segundo Funari Junior (2008), está associado à síntese de proteína e está intimamente ligado à produção de ovos e maior eficiência alimentar, o selênio quando absorvido é vagorosamente metabolizado para selenocisteína e pode ficar armazenado nos músculos e outros tecidos e posteriormente trazer benefícios aos ovos.

Venglovská et al. (2014) verificaram que o peso e massa de ovo de galinhas alimentadas com diferentes fontes de manganês não foram significativamente afetados pelos tratamentos.

3.2 Qualidade do ovo e Resistência de tibia

Na Tabela 5 são apresentadas as médias das variáveis de qualidade de ovo de poedeiras leves. Houve diferença significativa ($p < 0,05$) entre os tratamentos para porcentagem de gema, peso e porcentagem de albúmen, peso da casca, gravidade específica, unidade de Haugh, cor da gema, espessura e resistência de casca.

Tabela 5. Qualidade de ovos e resistência de tibia de poedeiras suplementadas com fonte de microminerais

Variáveis	Fonte dos microminerais		CV (%)	P
	Orgânica	Inorgânica		
Peso de gema (g)	17,50	17,77	1,94	0,1036
Porcentagem de gema (%)	26,67 b	27,36 a	1,51	<0,001
Peso de Albúmen (g)	41,99 a	41,03 b	2,31	0,0398
Porcentagem de albúmen (%)	63,83 a	63,13 b	1,41	<0,001
Peso de casca (g)	6,23 a	6,16 b	1,42	0,0109
Porcentagem de casca (%)	9,33	9,32	4,24	0,8846
Gravidade específica (g/cm ³)	1,081 a	1,080 b	0,20	0,0197
Unidade Haugh	92,10 a	90,36 b	1,11	0,0012
Cor da gema	6,53 a	6,38 b	1,07	0,0001
Espessura da casca (mm)	423,19 a	412,73 b	4,14	0,0012
Resistência de casca	3,39 a	3,22 b	4,19	<0,001
Resistencia de tibia	20,58	21,63	11,28	0,4268

C.V.= Coeficientes de variação;

Médias na mesma linha seguida por letras diferentes diferem ($p < 0,05$) pelo teste T.

O peso de gema e a porcentagem de casca não foram influenciadas ($p > 0,05$) pela suplementação da fonte orgânica e da inorgânica na dieta.

A porcentagem de gema foi significativamente maior para o tratamento que recebeu microminerais inorgânicos. Dikmen et al., (2015) estudando níveis de zinco e manganês quelatados, verificaram que o tratamento controle, sem inclusão dos minerais quelatados, obteve gemas mais pesadas do que os outros tratamentos.

Ovos provenientes de poedeiras que receberam suplementação com o premix orgânico apresentaram maior peso e porcentagem de albúmen e Unidade Haugh, fato que corrobora os achados de Mallah et al., (2011), que verificaram melhoras na Unidade Haugh quando suplementaram poedeiras com selênio orgânico associado com vitamina E. Diferentemente dos resultados desse trabalho, Saldanha (2008), trabalhando com a suplementação de diferentes fontes e níveis de microminerais (ferro, zinco, cobre, manganês, iodo e selênio) para poedeiras semipesadas e não verificou diferenças entre a porcentagem de albúmen e unidade Haugh. Manzke (2012) também não observou diferenças entre a suplementação com selênio e cromo orgânico sobre essas variáveis.

O albúmen apresenta concentrações muito baixas dos elementos traços, apesar disso, o ferro, zinco, cobre, selênio e o manganês encontrados, estão ligados às proteínas, como a ovalbumina e a conalbumina (MILES, 2000).

Assim os efeitos positivos nessas variáveis podem estar relacionados com a combinação dos microminerais presentes no premix utilizado e também a utilização do mineral selênio na sua forma complexada à molécula orgânica, pois, segundo Pan et. al., (2010), a utilização do selênio orgânico na dieta de poedeiras semipesadas resultou no albúmen mais denso durante todo período experimental, assim como nesse estudo. Segundo o mesmo autor, para deposição do albúmen no momento da formação do ovo, é necessária uma ação permissiva do selênio nos hormônios estrogênio e progesterona para que o albúmen seja depositado com maior consistência no lúmen do magno, onde ele é formado.

Rutz et al., (2003), suplementaram poedeiras no primeiro ciclo de postura com selênio orgânico e verificaram um aumento no peso e consistência do albúmen, através da unidade Haugh, e atribuíram esse efeito na absorção e proteção de substâncias lipossolúveis pelo mineral. Segundo Gravena et al., (2010), o selênio orgânico, na forma de selênio-metionina, influencia na qualidade do ovo, pois participa da síntese das proteínas depositadas no albúmen.

O peso da gema não foi influenciado pelos tratamentos, embora não tenha apresentado diferenças no peso da gema dos ovos de aves alimentadas com suplementação mineral orgânica apresentaram maior pigmentação. Corroborando com os achados de Manzke (2012), que verificaram que a adição de selênio orgânico na dieta de poedeiras aumentou a pigmentação da

gema. Para Surai (2000) e Pan et al., (2010), o selênio orgânico na dieta de poedeiras pode causar aumento na quantidade de carotenoides, vitamina A e E no fígado. Os autores também citam que devido a maior disponibilidade desse mineral a nível de absorção intestinal ou no seu transporte no fluido extracelular foi levado até o fígado ou até o folículo. A suplementação do premix orgânico foi importante para manter uma coloração de gema mais atrativa ao consumidor.

A gravidade específica mais elevada pode ser observada nos ovos de aves que receberam suplementação mineral orgânica em relação à suplementação inorgânica. Os dados encontrados corroboram Saldanha (2008), que verificaram um efeito significativo sobre a gravidade específica quando as aves receberam suplemente/ação em 80% de minerais (Zn, Fe, Mn, Cu, I e Se) na forma orgânica. Figueiredo Junior (2010) também verificou melhora nessa variável quando utilizou fontes orgânicas de microminerais na ração de poedeiras semipesadas.

Dentre as variáveis relacionadas ao ovo, algumas apresentam-se como mais importantes para comercialização e manutenção da qualidade interna do produto. A fonte orgânica proporcionou ovos com casca com maior peso, espessura e mais resistente à quebra ou trincas.

Maciel et al., (2010), trabalhando com fontes orgânicas e inorgânicas e com diferentes níveis na dieta de poedeiras comerciais no final de postura verificaram que o uso de 50% de zinco, manganês e cobre orgânicos melhoravam o peso e proporciona menor porcentagem de perda de ovos. Manangi et al., (2015), observaram que poedeiras com 80 semanas de idade, suplementadas com um complexo orgânico contendo zinco, cobre e manganês orgânicos produziram ovos com cascas mais resistentes e maior espessura. Estudos realizados por Stefanello et al., (2014) demonstraram que a suplementação de zinco, cobre e manganês orgânicos na dieta de poedeiras, resultaram em ovos com cascas mais espessas e mais resistentes à ruptura. Os autores concluíram que essa melhora foi ocasionada pela maior espessura da camada paliçada e da organização dos cristais de calcita.

Dessa forma, segundo Stefanello et al., (2014) o zinco, manganês e o cobre podem modificar positivamente as propriedades da casca do ovo, sobre a formação de cristais de calcita, além de alterarem a estrutura cristalográfica da casca do ovo. Os efeitos positivos na qualidade da casca dos ovos nesse estudo podem ter sido influenciados pela sinergia principalmente desses três

dos cinco microminerais presentes no complexo utilizado, uma vez que eles estão envolvidos diretamente na formação do ovo.

Świątkiewicz, et al., (2014) citam que o zinco é importante para síntese da casca, pois é um cofator da anidrase carbônica, enzima que forma os cristais de cálcio e fósforo e contribui na fixação do cálcio sob a forma de carbonato de cálcio nos ovos, além disso, em associação ao manganês melhora a resistência do mesmo.

O manganês, por sua vez tem influência na síntese das membranas interna e externa do ovo, o que confere maior resistência à quebra. Esse mineral atua como ativador de enzimas que estão envolvidos na síntese de glicosaminoglicanos e glicoproteínas, que contribuem para a formação da matriz orgânica do ovo (STEFANELLO, et al., 2014). Ligados as glicosaminoglicanos estão os proteoglicanos, que são proteínas presentes na matriz da casca do ovo, juntamente com queratano dermatano, que controlam a estrutura e a textura da casca. Consequentemente podem influenciar nas suas propriedades mecânicas (MABE et al., 2003). A deficiência deste mineral na dieta pode diminuir a produção de ovo e espessura da casca.

O cobre é um microelemento essencial para as aves, pois participam como cofator de muitos sistemas enzimáticos, assim como da enzima lisil oxidase que é importante na formação de colágeno presente na membrana de casca de ovo (ŚWIĄTKIEWICZ, et al., 2014), sabe-se que há uma grande concentração desse micromineral no útero, local onde a casca do ovo é formada.

Além da função particular desses minerais, a forma que este mineral foi suplementado também promoveu melhorias na qualidade da casca do ovo. De forma geral, os minerais orgânicos estão mais protegidos contra os efeitos adversos no trato digestório, e devido suas ligações com moléculas orgânicas tornam-se mais estáveis evitando interações com substâncias da dieta e o antagonismo com outros minerais, facilitando assim maior absorção (Richards, 2010; Stefanello, 2012). O melhor aproveitamento pela ave está associado à estabilidade que a fonte orgânica apresenta, não reagindo com outras moléculas na luz intestinal e, portanto, rápido transporte para os tecidos, onde permanecem armazenados por períodos maiores (RUTZ, et al. 2007) e são excretados em menores quantidades. Segundo Stefanello (2014), a estabilidade, o transporte e absorção dos minerais quelatados através de rotas de peptídeos e aminoácidos

ocasionam uma maior disponibilidade biológica, e conseqüentemente melhoras nas características de qualidade de ovo.

A qualidade da casca é um problema para indústria avícola, pois influencia a rentabilidade econômica da produção de ovos e sua eclodibilidade. Ovos mais resistentes à ruptura e sem defeitos na casca são essenciais para a proteção contra penetração de bactérias patogênicas, como por exemplo, a *Salmonella* sp. (SWIATKIEWICZ, 2008). O resultado desse estudo mostra que ovos de aves suplementadas com a microminerais complexados à moléculas orgânicas são mais resistentes à quebra do que os ovos de aves suplementados com a fonte inorgânica, e que esta qualidade se mantém mesmo com o avançar da idade das aves.

Neste estudo a resistência da tíbia (Tabela 5) não foi influenciada ($p=0,4264$) pela suplementação das fontes dos minerais. Manangi et al., (2015) não verificaram diferenças na resistência da tíbia de aves suplementadas com minerais orgânicos e inorgânicos, porém relatou que o tratamento com 40-10-40 (ppm) de Zn, Cu e Mn, respectivamente, apresentaram valores maiores para essa variável. Segundo os mesmos autores, as aves mais velhas podem ter propriedades ósseas menos sensíveis do que a casca, quando há disponibilidade de zinco e manganês na dieta. Nunes et al., (2013) avaliando níveis crescentes de minerais orgânicos na dieta de poedeiras semi-pesadas não verificaram efeito significativo entre os tratamentos. Em estudos mais recentes, onde Oliveira et al., (2015) avaliaram o efeito da injeção in ovo de minerais orgânicos até 21 dias pós-eclosão, os mesmos não verificaram melhora na resistência óssea de aves

De acordo com resultados desse estudo, a fonte mineral usada para suplementar as aves de postura tem maior capacidade de influenciar os parâmetros relacionados à qualidade do ovo do que os parâmetros de produção.

3.3 Tempo de prateleira

Ao avaliar o efeito individual, a fonte de microminerais inorgânica manteve o peso e a porcentagem da gema dos ovos mais elevado em relação a suplementação da fonte orgânica, que, por sua vez manteve maior a espessura da casca, unidade Haugh, cor de gema e porcentagem de albúmen (Tabela 6). Ao analisarmos o efeito tempo de prateleira, todas as variáveis foram influenciadas ($p < 0,05$), exceto o peso da casca e gravidade específica.

A fonte mineral não teve efeito sobre o peso do ovo, porém, o tempo de prateleira reduziu linearmente o peso do ovo, peso e porcentagem do albúmen, espessura da casca, gravidade específica e unidade Haugh. Por outro lado, o peso da gema e porcentagem da gema e da casca aumentaram linearmente. Esse efeito linear decrescente no peso do ovo, peso e porcentagem do albúmen e inversamente no peso da gema, porcentagem da gema e da casca associa-se à diminuição de água do albúmen, essa redução está associada à intensa perda de CO_2 e água para o meio através da casca em decorrência da temperatura de armazenamento, período de estocagem, umidade relativa do ar e porosidade da casca (Pombo, 2003; Moura et al., 2008; Santos et al., 2009 e Freitas, 2011). Ademais, segundo Gonzales e De Blas (1991), quando o ovo é submetido ao armazenamento, ocorrem reações físicas e químicas que levam a degradação da estrutura da proteína presente na albumina espessa, tendo como produtos dessas reações, a água associada a grandes moléculas de proteínas que passam para a gema através de osmose. Esse excesso de água aumenta o tamanho da gema e enfraquece a membrana vitelínica, deixando com que a mesma se apresente mais achatada quando quebrada em uma superfície plana. Com o envelhecimento do ovo, ocorre uma maior permeabilidade da membrana vitelina da gema, o que permite que a umidade do albúmen se incorpore na gema, aumentando seu tamanho (Kirunda; Mackee, 2000).

Tabela 6. Efeito do tempo de prateleira sobre a qualidade interna e externa de ovos de poedeiras suplementadas com fontes microminerais orgânica e inorgânica

FONTE	PO (g)	PG (g)	PA (g)	PC (g)	EC (mm)	GE (g/mL)	UH	COR	PORG (%)	PORA (%)	PORC (%)
Orgânica	63,01	18,47 b	38,63	6,07	413,89 a	1,0769	77,81 a	5,97 a	29,26 b	61,20 a	9,66
Inorgânica	63,14	18,96 a	38,15	6,07	398,64 b	1,0724	74,39 b	5,80 b	30,07 a	60,30 b	9,63
DIAS	PO (g)	PG (g)	PA (g)	PC (g)	EC (mm)	GE (g/mL)	UH	COR	PORG (%)	PORA (%)	PORC (%)
0	64,83	17,70	41,09	6,03	411,56	1,0812	90,14	5,97	27,33	63,33	9,33
4	64,33	18,42	39,93	6,06	406,47	1,0823	81,56	5,69	28,56	62,01	9,43
8	62,73	18,78	38,09	6,03	404,97	1,0700	75,54	5,68	29,72	60,64	9,63
16	61,99	19,19	36,91	6,06	404,84	1,0700	72,36	6,11	30,91	59,42	9,79
21	61,49	19,50	35,93	6,16	403,48	1,0700	60,89	5,97	31,78	58,34	10,03
Fonte	0,7067	<.0001	0,0908	0,9346	<.0001	0,2024	<.0001	0,0001	<.0001	<.0001	0,6236
Dia	<.0001	<.0001	<.0001	0,2258	0,0017	0,0873	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001
Interação	0,9767	0,3653	0,9381	0,9565	0,2372	0,1772	0,0376	0,2416	0,6151	0,7928	0,8557
Regressão Linear	<.0001 ¹	<.0001 ²	<.0001 ³	0,0598	0,0011 ⁴	0,0092 ⁵	<.0001 ⁶	0,0003 ⁷	<.0001 ⁸	<.0001 ⁹	<.0001 ¹⁰
Regressão Quadrática	0,1409	0,0050	0,0325	0,2496	0,0093	0,2942	0,0119	0,0005	0,0176	0,0254	0,8767
CV (%)	2,42	2,49	3,48	2,92	1,57	1,64	2,21	3,65	3,02	1,69	2,94

PO= peso de ovo; PG= peso de gema; PA= peso de albúmen; PC= peso de casca; EC= espessura de casca; GE= gravidade específica; UHC= unidade Haugh; PORG= porcentagem de gema; PORA= porcentagem de albúmen; PORC= porcentagem de casca. Médias na mesma coluna seguida por letras diferentes diferem (p<0,05) pelo Teste de Tukey.

¹y=-0,1627x+64,671 R² = 0,9302; ²y = 0,0783x + 17,949 R² = 0,9315; ³y = -0,2412x + 40,755 R² = 0,9595; ⁴y = -0,306x + 409,27 R² = 0,7029; ⁵y=-0,0006x + 1,0807 R² = 0,6648; ⁶y = -1,2187x + 88,045 R² = 0,9333; ⁷y = 0,0102x + 5,7856 R² = 0,2087; ⁸y = 0,204x + 27,663 R² = 0,9741, ⁹y = -0,2277x + 62,981 R² = 0,9732; ¹⁰y = 0,0322x + 9,329 R² = 0,9812.

A unidade Haugh dos ovos foi influenciada ($p<0,05$) tanto pela fonte do micromineral como pelos dias de armazenamento. Observa-se ainda interação das fontes de microminerais com o período de armazenamento para esta variável (Tabela 7). A diminuição nos valores da Unidade Haugh, está relacionada à redução da altura do albúmen com os dias de armazenamento. Segundo Albino et al., (2014), as mudanças químicas durante o armazenamento, que causam a redução da altura do albúmen, são pouco claras, porém podem ter várias causas e algumas são atribuídas à proteólise da ovomucina, à clivagem das pontes de dissulfetos e as interações entre α e β ovomucinas.

A densidade do albúmen do ovo após a postura não é influenciada pela temperatura externa, porém o albúmen denso flui rapidamente com o tempo (Moura et al., 2008), ou seja, quanto maior o período que o ovo fica na prateleira maior será a fluidez do albúmen denso. Vale ressaltar que essa característica de albúmen denso totalmente fluido após alguns dias de conservação é facilmente visualizada quando o ovo é quebrado.

Tabela 7. Comportamento da interação fonte mineral x dia de prateleira sobre a unidade Haugh (Desdobramento).

FONTE	DIAS DE PRATELEIRA				
	0	4	8	16	21
Orgânica	91,71 a	83,86 a	77,16 a	73,11	63,21 a
Inorgânica	88,56 b	79,27 b	73,92 b	71,62	58,59 b

Na coluna, médias na mesma linha seguidas por letras diferentes diferem ($p<0,05$) pelo teste de T.

Os ovos quando armazenados por muito tempo, apresentam redução do peso devido à perda da água e da descentralização da gema, o que leva consequentemente a redução da unidade Haugh. A unidade Haugh é o parâmetro mais utilizado para expressar qualidade do albúmen em diversas pesquisas sobre qualidade de ovo. De maneira geral, quanto maior for o valor da unidade Haugh melhor a qualidade do ovo. A legislação brasileira não utiliza a unidade Haugh como parâmetro de avaliação da qualidade interna de ovos, porém países como os EUA classificam os ovos comerciais em: qualidade excelente (AA) superior a 72; boa (A) de 60 a 71; mediana (B) inferior a 60 (USDA, 2000).

Conforme os resultados desse estudo, os ovos das aves que receberam a suplementação com fonte orgânica apresentam melhor unidade Haugh quando comparado

com os ovos das aves que receberam suplementação de microminerais inorgânicos em todos os dias analisados. Isso pode indicar que o uso de microminerais orgânicos na dieta de poedeiras minimizam os efeitos negativos do tempo de prateleira e mantêm por mais tempo a qualidade interna dos ovos quando comparada com a fonte inorgânica.

De acordo com Franco e Sakamoto (2005), a suplementação com selênio orgânico pode possibilitar a manutenção da qualidade interna do ovo, principalmente em períodos de armazenamento, justificando a melhora na qualidade do albúmen observado nesse estudo. Alguns estudos mostram que os microminerais complexados, como o zinco, manganês e o selênio, são transferidos com mais eficiência para o ovo quando comparados com as fontes inorgânicas, e no caso do selênio, a fonte orgânica é depositada principalmente no albúmen, enquanto o selênio na fonte inorgânica é transferido para a gema (LATSHAWA; OSMAN, 1975; MILES, 2000; KIDD, 2003). Assim, esse mineral pode melhorar a consistência do albúmen prolongando o período de prateleira (Pan et al., 2010). Segundo Sun et al., (2012), os efeitos do cobre e do zinco quelatado, no seu estudo, podem ter diminuído a dissociação da ovomucina-lisozima, complexo que mantém a integridade da viscosidade do albúmen.

Esse resultado está de acordo com o estudo de Pappas et al., (2005), onde verificaram que a suplementação mineral pode atenuar a redução da unidade Haugh em ovos armazenados. Assim como Franco et al., (2005), verificaram que poedeiras suplementadas com selênio, zinco e manganês orgânico melhorou a qualidade interna dos ovos durante o período de estocagem em temperatura ambiente e na geladeira.

A espessura da casca foi influenciada ($p < 0,05$) pelas fontes e pelos dias de prateleira de forma linear. Lima (2012) não observou influência dos dias e das temperaturas de armazenamento sobre espessura da casca de ovos de poedeiras leves e semipesadas.

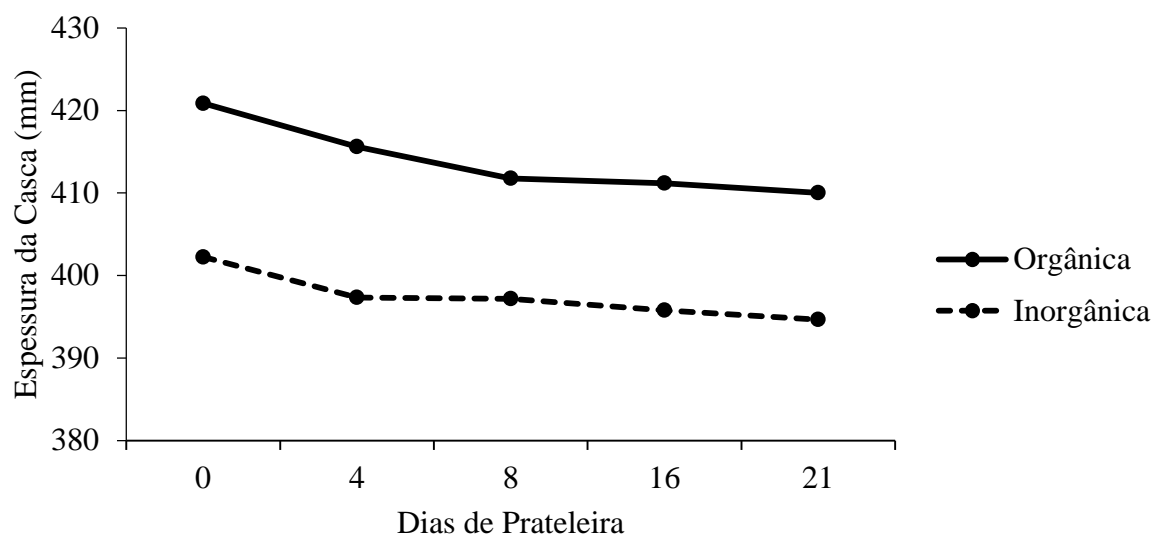


Figura 1. Efeito do tempo de prateleira na espessura da casca do ovo de poedeiras suplementada com microminerais de fonte orgânica e inorgânica

Na Figura 1 observa-se que os ovos de poedeiras que receberam a suplementação de microminerais sob a forma de complexo orgânico apresentam maior espessura de casca durante os dias de armazenamento. Isso pode ter acontecido pelo fator de que os microminerais complexados tem uma maior biodisponibilidade quando comparados com a fonte inorgânica, e no momento da formação da casca do ovo, o zinco, manganês e o cobre, participantes ativos nesse processo, foram mais absorvidos e consequentemente apresentaram cascas mais espessas.

Ainda a respeito dessa variável, à medida que passava os dias de armazenamento a espessura da casca do ovo tornou-se mais fina, porém, esse efeito pode ter ocorrido devido à perda, juntamente com a umidade, das proteínas presente nas membranas que constituem a casca do ovo. Ramos (2008) cita que a membrana da casca é formada por uma camada mais espessa denominada de esponjosa e outra mais fina, conhecida como mamilária. Essas estruturas são formadas por fibras proteicas inter cruzadas que conferem maior resistência à casca e impermeabiliza o conteúdo do ovo, através de trocas gasosas entre o meio interno e externo. Devido a essas membranas serem semipermeáveis participando das trocas gasosas, com o período de armazenamento, elas podem ter perdido essas estruturas, causando assim a diminuição da espessura da casca no decorrer do tempo. Ademais, Albino et al., (2014) citam

que o declínio na qualidade da casca do ovo pode estar associado a uma mudança na qualidade da matriz orgânica.

A cor da gema dos ovos de poedeiras que receberam a suplementação da fonte micromineral orgânica e o tempo de prateleira também influenciaram pigmentação mais acentuada. A pigmentação da gema pode variar de amarelo levemente claro à laranja escuro, de acordo com a alimentação da galinha (Freitas et al., 2011). A cor depende da presença de carotenoides na dieta das aves e quanto mais elas consumirem alimentos que tenham pigmentos em sua composição maior será a deposição destes na gema. A influência do mineral orgânico na coloração da gema pode estar relacionada com o selênio, já que o mesmo exerce efeitos sobre os carotenoides presentes na gema do ovo.

Apesar dos resultados positivos e contraditórios relacionado ao uso de diferentes fontes de microminerais na ração de poedeiras, muitos estudos são promissores a fim de melhorar o desempenho e qualidade de ovos de poedeiras, podendo seu uso tornar-se uma realidade em escala industrial, e assim potencializar os ganhos dos produtores inseridos no contexto avícola. De modo geral, a suplementação com complexo vitamínico mineral orgânico contribuiu para maior desempenho das aves, melhor qualidade de ovo e persistência da qualidade da casca e do ovo, durante o tempo de prateleira.

4 CONCLUSÃO

A suplementação com complexo de microminerais quelatados proporciona melhora no desempenho e na qualidade do ovo, além de manter por mais tempo a qualidade interna e externa do ovo durante o tempo de prateleira.

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALBINO, L. F. T. **Galinhas poedeiras – Criação e alimentação**. Editora: Aprenda Fácil, 2014.
- ALVES, M. G. M. Substituição dos minerais inorgânicos por orgânicos e duas granulometrias de calcário na dieta de poedeiras comerciais leves. **Revista Agropecuária Técnica**, v. 36, n. 1, p.128-135, 2015.
- ARAUJO, J. A. et al. Fontes de minerais para poedeiras. **Acta Veterinária Brasilica**, Mossoró, v. 2, n. 3, p. 53-60, 2008.
- BERTECHINI, A. G. **Nutrição de monogástrico**. 2. ed. Lavras: Editora UFLA, 2012.
- BRANTON, S. L. et al. Fatty liver-hemorrhagic syndrome observed in commercial layers fed diets containing chelated microminerals. **Avian Diseases**, Jacksonville, v. 39, n. 3, p. 631-635, jul. 1995.
- CARD, L.E.; NESHEIM, M.C. **Produccion avicola**. Zaragoza: Editorial Acribia, 1978.
- CARVALHO, L. S. S. **Desempenho produtivo e qualidade de ovos de galinhas poedeiras em segundo ciclo de postura alimentadas com minerais orgânicos**. Dissertação (Mestrado em Ciências Veterinárias) – Faculdade de Medicina Veterinária, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2012.
- COSTA, F. G. P. *et al.* The use of prebiotic and organic in rations for japanese laying quail. **Journal of Poultry Science**, v. 7, p. 339-343, 2008.
- CRUZ, F. K. **Licopeno e minerais orgânicos na alimentação de poedeiras**. 2013. 50 f. Dissertação (Mestre em Zootecnia), Unidade Universitária de Aquidauana, Universidade Estadual do Mato Grosso do Sul, Aquidauana, 2013.
- DİKMEN, B. Y.; SÖZCÜ, A.; İPEK, A.; ŞAHAN, Ü. Effects of supplementary mineral amino acid chelate (ZnAA-MnAA) on the laying performance, egg quality and some blood parameters of late laying period layer hens. **Kafkas Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi**, v. 21, n. 2, p. 155–162, 2015.
- FERNANDES, J. I. M. et al. Effects of Organic Mineral Dietary Supplementation on Production Performance and Egg Quality of White Layers. **Brazilian Journal of Poultry Science**, v.10, n.1, p.59-65, jan./mar. 2008.
- FIGUEIREDO JUNIOR, J. P. **Níveis de minerais orgânicos na alimentação de poedeiras semipesadas**. 2010. 42 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Paraíba, Areia, 2010.

FRANCO, J. R. G.; SAKAMOTO, M. I. Qualidade de ovos: uma visão geral dos fatores que a influenciam. **Ave World**, 2005.

FREITAS, L. W. et.al. Aspectos qualitativos de ovos comerciais submetidos a diferentes condições de armazenamento. **Revista Agrarian**, v. 4, n. 11, 2011.

FUNARI JÚNIOR, P. **Efeitos de diferentes fontes e níveis de selênio sobre o desempenho e a imunidade humoral de frangos de corte**. 56f. Dissertação (Mestrado em Medicina Veterinária) – Faculdade de Medicina Veterinária, Universidade de São Paulo, 2008.

GONZALES M.; BLAS B. C. **Nutricion y alimentacion de gallinas ponedoras**. Madrid: Mundi-Prensa, 1991. 263p.

GRANJA PLANALTO. **Manual de manejo das poedeiras Dekalb White**. 2009

GRAVENA, R. A. **Suplementação de ração de codornas com selênio, zinco e manganês de fonte orgânica**. 2010. 70 f. Dissertação (Mestre em Zootecnia) – Faculdade de Ciência Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho”, Jaboticabal, 2010.

HAMILTON, R.M.G. Methods and factors that affect the measurement of egg shell quality. **Poultry Science**, Champaign, v.61, p. 2002-2039, 1982.

JING, C. L. et al. Comparative study of DL-selenomethionine vs sodium selenite and seleno-yeast on antioxidant activity and selenium status in laying hens. **Poultry science**, v. 94, n. 5, 2015.

KIRUNDA, D. F. K.; MCKEE, S. R. Relating Quality Characteristics of Aged Eggs and Fresh Eggs to Vitelline Membrane Strength as Determined by a Texture Analyzer. PMID: 10947190; **Poultry Science**, v. 79, n. 8, p. 1189–1193, jan. 2000.

LATSHAW, J. D.; OSMAN, M. Distribution of selenium in egg white and yolk after feeding natural and synthetic selenium compounds. **Poultry Science**, v. 54, p. 1244–1252, 1975.

LEESON, S.; SUMMERS, J. D. Minerals. In: **Nutrition of the chicken**. University Books, Guelph, Ontario, 2001. p. 331–428.

LIM, H. S.; PAIK, I. K. Effects of supplementary mineral methionine chelates (Zn, Cu, Mn) on the performance and eggshell quality of laying hens. **Asian-Australasian Journal of Animal Sciences**, v. 16, n. 12, p. 1804–1808, jan. 2003.

LIM, H. S.; PAIK, I. K. Effects of dietary supplementation of copper Chelates in the form of methionine, chitosan and yeast in laying hens. **Asian-Australasian Journal of Animal Sciences**, v. 19, n. 8, p. 1174–1178, agost. 2006.

LIMA, G. L. **Influência da temperatura, período de armazenamento e da cor da casca na qualidade interna e externa de ovos de poedeiras comerciais**. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Alagoas, Alagoas, 2012.

LINDER, M. C. E HAZEGH-AZAM, M. Copper biochemistry and molecular biology. **The American Journal of Clinical Nutrition**, v. 63, p. 797-811, 1996.

MABE, I. et al. Supplementation of a Corn-Soybean Meal Diet with Manganese, Copper, and Zinc from Organic or Inorganic Sources Improves Eggshell Quality in Aged Laying Hens. **Poultry Science**, v. 82, p. 1903-1913, 2003.

MACIEL, M. P. et al. Effect of using organic microminerals on performance and external quality of eggs of commercial laying hens at the end of laying. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 39, n. 2, fev. 2010.

MALLAH, E. G. M. et al. Improving performance and some metabolic response by using some antioxidants in laying diets during summer season. **Journal of American Science**, v. 7, n. 4, abr. 2011.

MANANGI, M. K. et al. The impact of feeding supplemental chelated trace minerals on shell quality, tibia breaking strength, and immune response in laying hens. **The Journal of Applied Poultry Research**, v. 24, n. 3, p. 316–326, jan. 2015.

MANZKE, N. E. **Cromo e selênio orgânicos na dieta de poedeiras semipesadas alojadas em ambientes com temperaturas elevadas**. 2012. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Centro de Ciências de Agrárias, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2012.

MARINHO, A. L. **Qualidade interna e externa de ovos de codornas japonesas armazenados em diferentes temperaturas e períodos de estocagem**. 2011. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Alagoas, Rio Largo, 2011.

MILES, R. D. Trace minerals and avian embryo development. **Ciência Animal Brasileira**, v. 2, n. 1, jan./jun. 2000.

MOURA, A. M. A. et al. Efeito da temperatura de estocagem e do tipo de embalagem sobre a qualidade interna de ovos de codornas japonesas (coturnix japonica). **Ciência e Agrotecnologia**, v. 32, n. 2, Lavras, 2008.

NUNES, J. K. et al. Quality of eggs and bone strength of layers fed organic minerals. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 65, n. 2, p. 610–618, abr. 2013.

OLIVEIRA, T. F. B. et al. Effects of in ovo injection of organic trace minerals and post-hatch holding time on broiler performance and bone characteristics. **Poultry Science**, v. 94, p. 2677-2685, 2015.

PAIK, I. K. Application of chelated mineral in animal production. **Asian-Aust. Journal Animal Science**, v. 14, p. 191-198, 2001.

PAN, E. A. et al. Desempenho de poedeiras semipesadas arraçadas com suplementação de selênio orgânico. **Revista Brasileira Agrociências**, v. 16, n1-4, p.83-89, jan-dez., 2010.

PAPPAS, A. C. Effects of Supplementing Broiler Breeder Diets with Organic Selenium and Polyunsaturated Fatty Acids on Egg Quality During Storage. **Poultry Science**, v. 84, p. 865-874, 2005.

PARK, S. Y. et al. Effect of storage condition on bone breaking strength and bone ash in laying hens at different stages in production cycles. **Poultry Science**, v. 94, p. 1227-1232, 2003.

POMBO, C. R. **Efeito do tratamento térmico de ovos inteiros na perda de peso e características de qualidade interna**. Rio de Janeiro, 2003. 74 f. Dissertação (Mestrado em Veterinária) - Faculdade de Veterinária, Universidade Federal Fluminense, Rio de Janeiro, 2003.

RAMOS, B. F. S. **Gema de ovo composição em aminas biogénicas e influência da gema na fração volátil de creme de pasteleiro**. 2008.111f. Dissertação (Mestrado em Controle de qualidade) – Faculdade de farmácia, Universidade do Porto, Porto.

RICHARDS, J. D. et al. Trace Mineral Nutrition in Poultry and Swine. **Asian-Australasian Journal of Animal Sciences**, v. 23, n. 11, p. 1527–1534, out. 2010.

RUTZ, F. et al. Meeting selenium demands of modern poultry: responses to Sel-Plex™ organic selenium in broiler and breeder diets. In: Nutritional Biotechnology in the Feed and Food Industries. **Proceedings of Alltech's 19th Annual Symposium** (T. P. Lyons and K. A. Jacques, eds), Nottingham University Press, Nottingham, UK, p. 147-161, 2003.

RUTZ, F.; PAN, E. A.; XAVIER, G. B. Efeito de minerais orgânicos sobre o metabolismo e desempenho de aves. **Revista Aveworld**, 2007.

SALDANHA, E. S. P. B. **Efeitos dos minerais orgânicos no desempenho, qualidade de ovos, qualidade óssea de poedeiras semi-pesadas no segundo ciclo de produção**. 2008. Tese (Doutorado) – Faculdade de Medicina Veterinária, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2008.

SANTOS, M. S. V. et al. Efeito da temperatura e estocagem em ovos. **Ciencia e Tecnologia de Alimentos**, v. 29, n. 3, 2009.

SAUVEUR, B. **El Huevo para Consumo: Bases Productivas**. Tradução por Carlos Buxadé Carbó. Barcelona: Aedos Editorial, 1993. 377 p.

SECHINATO, A. S. **Efeito da suplementação dietética com micro minerais orgânicos na produção e qualidade de ovos de galinhas poedeiras**. 2003. Dissertação (Mestrado em

Nutrição Animal) - Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.

STEFANELLO, C. **Microminerais orgânicos em dietas para poedeiras comerciais**. 2012. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Centro de Ciências Agrárias, Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2012.

STEFANELLO, C. *et al.* Productive performance, eggshell quality, and eggshell ultrastructure of laying hens fed diets supplemented with organic trace minerals, **Poultry Science**, v. 93, n. 1, p. 104–113, jan. 2014.

SUN, Q. *et al.* Effects of Methionine Hydroxy Analog Chelated Cu/Mn/Zn on Laying Performance, Egg Quality, Enzyme Activity and Mineral Retention of Laying Hens. **Japan Poultry Science Association**, v. 49, p. 20-25, 2012.

SURAI, P. F. Effect of selenium and vitamin E content of the maternal diet on the antioxidant system of the yolk and the developing chick. PMID: 10890223: **British Poultry Science**, v. 41, n. 2, p. 235–243, 2000.

ŚWIĄTKIEWICZ, S.; ARCZEWSKA-WŁOSEK, A.; JÓZEFIAK, D. The efficacy of organic minerals in poultry nutrition: review and implications of recent studies. **World's Poultry Science Journal**, v. 70, n. 03, p. 475–486, set. 2014.

USDA. **Egg-Grading Manual**. Agriculture Marketing Division. Agriculture Handbook No. 75. USDA. Washington, DC, 2000.

VENGLOVSKÁ, K. *et al.* Effects of feed supplementation with manganese from its different sources on performance and egg parameters of laying hens. **Czech Journal of Animal Science**, abr. 2014.

XIAO, J. F. *et al.* Bioefficacy comparison of organic manganese with inorganic manganese for eggshell quality in Hy-Line Brown laying hens. PMID: 26047673: **Poultry Science**, v. 94, n. 8, p. 1871–1878, ago. 2015.

CAPÍTULO 3

AVALIAÇÃO DO CARBO-AMINO-FOSFOQUELATO COMO UMA FONTE DE MINERAIS NA RAÇÃO DE POEDEIRAS

AValiação DO CARBO-AMINO-FOSFO-QUELATO COMO UMA FONTE DE MINERAIS NA RAÇÃO DE CODORNAS JAPONESAS

RESUMO

Objetivou-se com o presente estudo avaliar a suplementação de minerais quelatados sobre o desempenho produtivo, qualidade e tempo de prateleira de ovos de codornas japonesas. Foram utilizadas 192 codornas japonesas, entre 135 a 261 dias de idade, distribuídas em delineamento inteiramente casualizado com dois tratamentos, seis repetições de 16 aves cada. Os tratamentos consistiram em uma dieta referência formulada segundo recomendações de Rostagno et al. (2011), sendo que um tratamento foi suplementado com a fonte orgânica (carbo-amino-fosfo quelato) e o outro com a fonte inorgânica (sulfato). Os microminerais presentes nos premixes eram o cobre, ferro, manganês, selênio e zinco. O experimento teve duração de 126 dias, divididos em seis períodos de 21 dias cada. As variáveis de desempenho e qualidade de ovo foram comparadas pelo teste T-Student ($P \leq 0,05$). Os dados de tempo de prateleira foram submetidos ao teste T-Student em função da fonte mineral, e regressão em função dos dias de armazenamento. As fontes de microminerais não influenciaram ($P > 0,05$) o desempenho de codornas japonesas. Nas variáveis de qualidade do ovo, houve diferença estatística para unidade Haugh e espessura da casca. As variáveis relacionadas ao tempo de prateleira, como espessura de casca e unidade Haugh foram influenciadas ($p < 0,005$) pelas fontes minerais e pelos dias de armazenamento. Não houve interação entre tempo e fonte do mineral. A suplementação mineral orgânica melhora a qualidade do ovo e mantém por mais tempo a qualidade interna e externa do ovo durante o tempo de prateleira.

Palavras-chave: casca do ovo, microminerais quelatados, período de prateleira

EVALUATION OF CARBO-AMINO-FOSFOQUELATO HOW MINERALS SOURCE IN JAPANESE QUAILS FEED

ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the supplementation of chelated minerals on performance, quality and shelf life of Japanese quail eggs. 192 Japanese quails were between 135-261 days of age, distributed in a completely randomized design with two treatments, six replicates of 16 birds each. Treatments consisted of a diet formulated reference according to the recommendations of Rostagno et al. (2011), and treatment was supplemented with the organic source (carbo-amino-phospho chelate) and the other with the inorganic source (sulphate). The trace mineral premixes were present in copper, iron, manganese, selenium and zinc. The experiment lasted 126 days, divided into six periods of 21 days each. The performance variables and egg quality were compared by the Student t-test ($p = 0.05$). The shelf life data were subjected to Student's t-test depending on the mineral source, and regression function of days of storage. The sources of trace minerals did not affect ($P > 0.05$) the performance of Japanese quails. In egg quality variables, there was a statistical difference in Haugh units and shell thickness. The variables related to shelf life, such as shell thickness and Haugh unit were influenced ($p < 0.005$) by mineral sources and the days of storage. There was no interaction between time and source of the mineral. The organic mineral supplementation improves the quality of the egg and maintain longer inner and outer egg quality during the shelf life.

Keywords: eggshell, chelated trace minerals, shelf period

1. INTRODUÇÃO

A coturnicultura tem se destacado no cenário avícola por ser uma atividade que exige pouco espaço para produção, rápido crescimento, precocidade na maturidade sexual e ao abate, baixo consumo de ração aliado com investimento inicial baixo e altos lucros.

Para o IBGE (2014), esse setor, dentre todos os efetivos investigados, foi o que obteve maior aumento, chegando a 10,6%, com mais de 18 milhões de animais. Ademais, o consumo de ovos de codornas vem crescendo no país, devido a grande aceitação por parte do mercado consumidor, que segundo o mesmo órgão de pesquisa, registrou um aumento de 20,2% na produção em relação ao ano anterior.

Assim como as outras atividades, a criação de codornas de postura tem na nutrição um dos pontos mais importantes para o sucesso da mesma, pois está relacionada diretamente com o custo de produção e com a produtividade animal. Para que se atinja a produtividade máxima, a ave deve receber todos os nutrientes de forma adequada e em quantidades suficientes para atender suas necessidades nutricionais. Dentre esses nutrientes inclui-se os minerais, pois segundo Sechinato et al., (2006), eles participam de basicamente todos os processos bioquímicos corporais, sendo assim, fundamentais inclui-los nas dietas.

Os minerais podem ser divididos em macrominerais e microminerais, dependendo da concentração desses elementos nos tecidos, ou seja, das suas necessidades orgânicas (BERTECHINE, 2012). Apesar dos microminerais participarem de vários processos bioquímicos no metabolismo, eles são requeridos em menores quantidades que os macrominerais, porém a importância é mesma, pois a deficiência desses elementos traços na dieta pode causar sérios danos ao animal em todo ciclo produtivo. Devido a sua importância, esses elementos na maioria das vezes, são adicionados na ração em quantidades superiores à necessidade do animal, o que pode consequentemente ocasionar uma maior excreção e acúmulo no ambiente (ŚWIĄTKIEWICZ et al., 2014).

Comparado com os macrominerais, os elementos traços tem uma absorvabilidade mais baixa, porém essa característica está relacionada com a demanda do microelemento pelo organismo animal (BERTECHINE, 2012). Segundo o mesmo autor, os microminerais interagem com outros elementos formando complexos que diminuem a absorção dos mesmos.

A utilização de fontes orgânicas vem ganhando espaço no mercado avícola, já que elas aumentam absorção dos minerais quando comparada com as fontes inorgânicas normalmente utilizada nas dietas das aves. Os quelatos são elementos minerais conjugados à um carreador orgânico, que pode ser um aminoácido, um polissacarídeo ou uma proteína, através de ligações covalentes por meio de um grupamento amino ou oxigênio, dando origem à uma estrutura cíclica (LESSON; SUMMERS, 2001). Os minerais quelatados podem os sítios de absorção de peptídeos e aminoácidos ao invés dos sítios clássicos de minerais, o que evita a competição entre os minerais pelo mesmo transportador, e além disso, os minerais quelatados estão protegidos bioquimicamente das reações com outros elementos da dieta, deixando-os mais biodisponíveis (GRAVENA et al., 2011; RUTZ et al., 2007)

Segundo Richards e Dibner (2005), a grande vantagem dos minerais quelatados é a estabilidade no trato digestivo, pois isso evita o antagonismo ou a perda do mineral por excreção. É importante que novas pesquisas sejam realizadas afim de comprovar a eficiência da suplementação mineral quelatada para codornas japonesas

Desta forma, objetivou-se com esse trabalho avaliar o desempenho, a qualidade e o tempo de prateleira de ovos de codornas japonesas suplementadas com fonte mineral orgânica e inorgânica.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Local

O experimento foi conduzido entre outubro de 2014 a fevereiro de 2015, no Setor de Avicultura do Departamento de Zootecnia do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal da Paraíba, Campus II, na cidade de Areia-PB, Brasil. O experimento teve duração de 126 dias divididos em seis períodos de 21 dias cada período.

2.2 Animais e instalação

Foram utilizadas 192 codornas japonesas com idade entre 135 a 261 semanas de idade, alojadas em galpão convencional de postura, coberto com telhas de barro, com comedouros

tipo calha e bebedouros tipo nipple, sendo agrupadas em gaiolas de arame galvanizado com dimensões de 37cm x 15 cm x 27cm recebendo água e ração à vontade. O programa de luz adotado foi de 19 horas de luz (natural + artificial). Na Tabela 1, as temperaturas máxima e mínima registradas durante o período experimental.

Tabela 1. Médias de temperatura e umidade relativa do ar obtidas durante todo período experimental com poedeiras suplementadas com fontes minerais orgânicas e inorgânicas

Temperatura (°C)			Umidade Relativa (%)		
Máxima	Mínima	Média	Máxima	Mínima	Média
28,6	20,4	23,0	90,0	72,0	80,0

2.3 Tratamentos e dietas

As aves foram distribuídas em delineamento inteiramente casualizado em dois tratamentos, seis repetições com 16 aves por unidade experimental. Os tratamentos foram suplementados com o uso de premixes vitamínicos minerais, na dosagem de 2kg/ton, sendo uma fonte orgânica (Tortuga minerais – carbo-amino-fosfo quelato) e uma fonte inorgânica (sulfato), com os níveis recomendados pela DSM®, mg/kg e para linhagem Dekalb White, mg/kg respectivamente mostrados na Tabela 2. A dieta referência (Tabela 3) foi formulada de acordo as recomendações de Rostagno et al., (2011).

Tabela 2. Níveis recomendados pela DSM® e para Dekalb em miligramas por quilo

MICROMINERAL	FONTE	
	Orgânica (carbo-amino-fosfo quelato)	Inorgânica (sulfato)
Cobre	8,6	8
Ferro	43,7	60
Zinco	43,7	60
Selênio	0,34	0,25
Manganês	56,4	70

Tabela 3. Composição da ração basal

Ingredientes	Dieta basal
Milho 7,88%	54,68
Farelo de Soja 45%	33,84
Óleo de Soja	1,87
Calcário	7,32
Fosfato Bicálcico	0,99
Sal Comum	0,54
DL-metionina	0,35
L-Lisina HCL	0,14
Cloreto de Colina	0,07
Mineral teste ^{1, 2}	0,20
Total	100
Composição Química	
Energia Metabolizável (kcal/kg)	2800
Proteína Bruta (%)	19,94
Met.+Cistina digestível (%)	0,888
Metionina (%)	0,615
Lisina digestível (%)	1,083
Cálcio (%)	3,099
Fósforo (%)	0,323
Cloro (%)	0,406
Potássio (%)	0,777
Sódio (%)	0,230
Balanço eletrolítico (mEq/kg)	184,00

¹ Premix vitamínico mineral inorgânico por kg de produto: ácido fólico, 500 mg; ácido nicotínico, 15 g; ácido pantotênico, 4.000 mg; biotina, 50 mg; colina, 150 g; vitamina A, 4.000.000 UI; vitamina B1, 1.250 mg; vitamina B2, 2.500 mg; vitamina B6, 1,755 mg; vitamina B12, 7.500 µg; vitamina D3, 1.500.000 UI; vitamina E, 10.000 UI; vitamina K3, 1.250 mg; sulfato de ferro, 30 g; sulfato de manganês, 35 g; sulfato de zinco, 30 g; sulfato de cobre, 4.000 mg; selenito de sódio, 125 mg; iodato de cálcio, 500 mg e fitase, 300.000 FYT.

² Premix vitamínico mineral orgânico por kg de produto: ácido fólico, 500 mg; ácido nicotínico, 15 g; ácido pantotênico, 4.000 mg; biotina, 50 mg; colina, 150 g; vitamina A, 4.000.000 UI; vitamina B1, 1.250 mg; vitamina B2, 2.500 mg; vitamina B6, 1,755 mg; vitamina B12, 7.500 µg; vitamina D3, 1.500.000 UI; vitamina E, 10.000 UI; vitamina K3, 1.250 mg; carbo-amino-fosfoquelato de cobre, 4.300 mg; carbo-amino-fosfoquelato de ferro, 21,85 g; carbo-amino-fosfoquelato de manganês, 28,20 g; carbo-amino-fosfoquelato de selênio, 170 mg; carbo-amino-fosfoquelato de zinco, 21,85 g; iodato de cálcio, 500 mg e fitase, 300.000 FYT.

2.4 Variáveis estudadas

2.4.1 Desempenho

Foram avaliados consumo de ração (CR, g/ave/dia), produção de ovos (PR, %), peso dos ovos (PO, g), massa de ovo (MO, g/ave/dia), conversão por massa de ovo e por dúzia de ovo (CAMO, kg/kg e CADZ, kg/dz) e ovos por ave alojada (OAA).

O consumo de ração foi determinado a partir da diferença da ração fornecida e as sobras existentes no final de cada período, corrigido pela mortalidade das aves em cada período experimental; a produção de ovos foi obtida anotando-se a produção diária por parcela; o peso do ovo foi obtido após a pesagem dos ovos de cada parcela; a massa do ovo foi determinada multiplicando a produção pelo peso do ovo das aves de cada repetição e dividido por cem. Para determinação da conversão alimentar por massa de ovo, o consumo de ração de cada repetição foi dividido pela massa do ovo; e a conversão alimentar por dúzia de ovo foi calculada dividindo o consumo de ração pelo número de dúzias produzidas por ave. Para determinação de ovos/ave alojada o somatório de todos os ovos produzidos dividido pela mortalidade.

2.4.2 Qualidade do ovo

No 19, 20 e 21º dia de cada período experimental, para determinação das características quantitativas e qualitativas dos ovos, o total de ovos de cada parcela foi coletado, pesados e em seguida 6 ovos por parcela foram separados no peso médio para avaliações do peso e porcentagem de gema (PG, g; PORG, %), peso e porcentagem de albúmen (PA, g; PORA, %), peso e porcentagem de casca (PC, g; PORC, %), espessura da casca (EC, mm), gravidade específica (GE, g/mL) e Unidade Haugh (UH).

Para determinação do peso dos constituintes do ovo, procedeu-se a quebra do ovo em seguida foi mensurado a altura do albúmen para determinação da unidade Haugh e posteriormente a gema foi pesada; as cascas foram colocadas em estufa por 15h e pesadas. O peso do albúmen foi determinado pela diferença entre o peso do ovo subtraído o peso da gema

e da casca. As porcentagens de gema, albúmen e casca foram determinadas pela relação entre o peso do ovo e o peso dos respectivos constituintes.

Para determinação da espessura da casca foi utilizado o micrômetro digital Mitutoyo de 0-25mm, com precisão de 0,001 mm.

Para determinação da gravidade específica, quatro ovos foram imersos em nove soluções salinas, com densidades com entre 1,070 e 1,090 g/mL, com variação de 0,025 g/mL segundo metodologia descrita por Hamilton (1982).

A unidade Haugh foi determinada após a quebra do ovo e o albúmen foi colocado em uma superfície lisa e plana, e assim medido sua altura com auxílio de um altímetro. Para calcular a unidade Haugh foi utilizada a equação $UH = 100 \log(H + 7,57 - 1,7W^{0,37})$, onde: UH = unidade Haugh, H = altura do albúmen (mm) e W = peso do ovo (g), de acordo com a metodologia descrita por Card e Neishein (1978).

2.4.3 Tempo de prateleira dos ovos

Para o tempo de prateleira dos ovos foi utilizado um arranjo fatorial 2 x 5, sendo duas fonte mineral e cinco dias de armazenagem. Essa análise foi determinado no terceiro (62 semanas de idade das aves) e quinto (70 semanas de idade das aves) período experimental. Em cada período foram coletados 600 ovos, 30 por parcela, em dois dias consecutivos, armazenados em uma sala com temperatura ambiente média de 26 °C e analisados no 0° (dia da coleta), 4°, 8°, 16° e 21° dia após o armazenamento. As variáveis analisadas foram peso do ovo (PO, g), peso e porcentagem de gema (PG, g; PORG, %), peso e porcentagem de albúmen (PA, g; PORA, %), peso e porcentagem de casca (PC, g; PORC, %), espessura da casca (EC, mm), gravidade específica (GE, g/mL), coloração de gema e Unidade Haugh (UH).

2.4.4 Análise estatística dos dados

As análises estatísticas foram realizadas utilizando o programa computacional Statistical Analysis System (SAS Institute, 1998). As variáveis de desempenho e variáveis relacionadas ao ovo foram comparadas pelo teste T-Student, a 5% de probabilidade.

O modelo matemático utilizado foi:

$$\gamma_{ij} = m + t_i + e_{ij}$$

Em que:

γ_{ij} = observação do tratamento (i) na repetição (j);

m = média experimental;

t_i = efeito do tratamento;

e_{ij} = erro experimental.

Os dados de tempo de prateleira foram submetidos ao teste T-Student em função da fonte mineral, e análise de regressão em função do tempo de prateleira.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 Desempenho

A suplementação da ração de codornas japonesas com microminerais de fonte orgânica e inorgânica não afetou ($p>0,005$) as variáveis de desempenho (Tabela 4).

Tabela 4. Desempenho de codornas japonesas suplementadas com fonte de microminerais

Variáveis	Fonte do micromineral		C.V. (%)	<i>P-Value</i>
	Orgânica	Inorgânica		
Consumo de ração (g/ave/dia)	27,07	26,93	1,57	0,5707
Produção de ovos (%)	87,70	88,61	2,69	0,5216
Peso de ovo (g)	12,22	12,16	2,20	0,7061
Massa de ovo (g)	10,86	10,97	3,12	0,5773
Conversão por massa de ovo (g/g)	2,48	2,47	2,76	0,6521
Conversão por dúzia de ovos (kg/dúzia)	0,36	0,36	3,36	0,6400

Ovos/ave alojada	117,57	117,38	3,11	0,9309
------------------	--------	--------	------	--------

C.V.= Coeficientes de variação.

Médias não diferiram ($p>0,05$) pelo teste T;

Esse estudo corrobora com Carvalho (2015), que avaliando níveis e 100% de substituição dos minerais inorgânicos pelos orgânicos na dieta de codornas japonesas não verificou influência das fontes minerais nas variáveis de peso médio do ovo, taxa de postura, massa de ovo, consumo de ração, conversão alimentar por massa de ovo e por dúzia.

Gravena et al., (2011) estudando fontes de selênio, zinco e manganês separadamente não verificaram diferenças no desempenho de codornas suplementadas com selênio, enquanto o zinco melhorou apenas a conversão por massa de ovo e o nível de manganês na dieta influenciou o peso do ovo. Cruz e Fernandez (2011), não verificaram efeito na suplementação de selênio e zinco na dieta de codornas japonesas nas variáveis produção, peso e massa de ovos, conversão alimentar por massa e dúzia de ovos e gravidade específica, apenas diferenças nas variáveis de consumo de ração, produção diária de ovos e mortalidade.

Costa et al., (2008) também não verificaram diferenças significativas para as variáveis de desempenho, exceto para produção e massa de ovos suplementados com prebióticos e minerais orgânicos para codornas japonesas. Outros autores como Venglovska et al., (2014) e Xiao et al., (2015) suplementando poedeiras com fontes minerais não encontraram efeito significativo no desempenho.

Os microminerais são nutrientes que se inter-relacionam com outros elementos e principalmente entre si, podendo dessa forma, haver um comprometimento na maior ou menor absorção do outro quando estes estão em excesso ou deficiência na dieta (CARVALHO, 2015). Esse mesmo autor cita que altas concentrações de cobre, fitatos e gorduras saturadas podem comprometer a absorção do zinco. Segundo Macari et al., (2002), a eficiência na absorção do manganês é reduzida e pode até ser totalmente inibida na presença de cálcio, fósforo e ferro.

De acordo com Kiefer (2005), os microminerais quando complexados a moléculas orgânicas são mais absorvida pelas células do epitélio intestinal quando comparadas com as fontes inorgânicas. Isso os torna mais biodisponíveis e diminui a competição entre eles, pois utilizam vias secundárias de absorção. Apesar das características positivas dos minerais quelatados não foi possível observar diferenças entre as duas fontes minerais no desempenho

de codornas japonesas. Assim a inclusão da fonte orgânica de microminerais não altera o desempenho de codornas japonesas na fase de postura.

3.2 Qualidade do ovo

Os resultados das variáveis de qualidade de ovo de codornas japonesas suplementadas com microminerais de fonte orgânica e inorgânica (Tabela 5) mostram diferenças estatísticas ($p < 0,005$) para as variáveis de unidade Haugh e espessura de casca. O peso e a porcentagem da gema, do albúmen e da casca e a gravidade específica não foram influenciadas ($p > 0,05$) pelas fontes minerais.

Tabela 5. Qualidade do ovo de poedeiras leves suplementadas com fonte de microminerais

Variáveis	Fonte do micromineral		C.V. (%)	P-Value
	Orgânica	Inorgânica		
Peso de gema (g)	3,69	3,74	1,67	0,1676
Peso de Albúmen (g)	7,42	7,29	1,84	0,1237
Peso de casca (g)	1,08	1,08	1,91	0,5014
Porcentagem de gema (%)	30,30	30,83	1,04	0,0582
Porcentagem de albúmen (%)	60,92	60,17	1,00	0,0543
Porcentagem de casca (%)	8,84	8,85	2,29	0,9116
Gravidade específica (g/cm ³)	1,0743	1,0722	0,27	0,2318
Unidade Haugh	98,14 a	96,13 b	0,73	0,0006
Espessura de casca (mm)	221,52 a	212,61 b	1,25	0,0002

C.V.= Coeficientes de variação.

Médias na mesma linha seguida por letras diferentes diferem ($p < 0,05$) pelo teste T.

No estudo de Sahin et al., (2008), não verificaram efeito da suplementação de fontes de selênio nas variáveis de qualidade de ovo a temperatura termoneutra, porém em situação de estresse por calor houve efeito nessas variáveis. Saldanha et al., (2009), não verificaram

diferenças entre fontes de microminerais (Zn, Fe, Mn, Cu, I e Se) nas variáveis de percentual e índice de gema e albúmen de ovo de poedeiras no ciclo de postura.

Porém Baylan et al., (2011) estudando várias fontes de selênio, inclusive o orgânico, verificaram que esta melhorou a unidade Haugh de ovos de codornas japonesas comparadas com a fonte inorgânica. Gravena et al., (2011) estudando suplementação de zinco orgânico na dieta de codornas japonesas verificaram que 50 e 150 ppm de zinco melhorou o desempenho e a qualidade de ovos, enquanto que 180 ppm de manganês aumentou a qualidade da casca dos ovos dessa mesma espécie. No estudo realizado por Mallah et al., (2011), verificaram aumento na altura do albúmen de ovos de poedeiras, em consequência da interação do selênio orgânico e da vitamina E, melhorando assim a unidade Haugh. Abdel Mageed e Hassan (2012) estudando níveis de cromo-metionina quelato na dieta de codornas japonesas não verificaram efeito sobre as variáveis de índice de gema, porcentagem de gema, albúmen e casca e coloração de gema, enquanto que para as variáveis de espessura de casca e unidade de Haugh houve um aumento expressivo nos tratamentos que receberam maiores dosagens de cromo-metionina quelato.

A unidade Haugh é o método mais comumente utilizado para avaliar a qualidade interna dos ovos (ALBINO et al., 2014) e é expressada através da relação entre o peso do ovo e a altura do albúmen espesso. Apesar da unidade não ser específica para codornas, acredita-se que assim como de poedeiras, quanto maior a unidade Haugh, melhor é a qualidade do ovo. Nesse estudo verificou-se que codornas suplementadas com o premix orgânico apresentou valores de unidade Haugh maiores que as suplementadas com o inorgânico, indicando que esses ovos podem ter uma qualidade interna melhor.

Dentre os microminerais presentes no premix utilizado, o selênio segundo Pan et al., (2010), tem influência sobre os hormônios estrogênio e progesterona no momento da formação do ovo, e esses agem na deposição do albúmen. Ademais, esse elemento traço na forma orgânica pode ter influenciado em uma deposição de albúmen com maior consistência pois acredita-se que o mesmo pode proteger as membranas das células secretoras permitindo que mais proteínas sejam secretadas no lúmen do magno (BUTTS; CUNNINGHAM, 1972)

Com relação às características da casca, observou-se que os ovos de codornas japonesas suplementadas com a fonte orgânica de microminerais apresentaram uma espessura maior que os ovos das aves suplementada com a fonte inorgânica. Manangi et al., (2015) e

Stefanello et al., (2014), utilizaram na dieta de poedeiras um complexo orgânico contendo zinco, cobre e manganês metionina na dieta de poedeiras e verificaram aumento na espessura da casca. Assim como nesse estudo, a melhora na espessura da casca, segundo esses autores, pode estar relacionada a propriedades catalíticas dos microminerais, como por exemplo, o zinco, o manganês e o cobre, que participam ativamente de enzimas chaves na formação da casca do ovo ou pela interação com a formação dos cristais de calcita que modificam a estrutura cristalográfica da casca do ovo. Segundo Albino et al., (2014) o manganês juntamente com o zinco são cofatores de metaloenzimas associadas à síntese de mucopolissacarídeo e carbonato que compõem a matriz orgânica da casca do ovo.

Discordando com esse estudo, Cruz (2011) não verificou diferença entre os tratamentos na unidade Haugh, índice de gema, porcentagem de casca, gema e albúmen, espessura de casca e gravidade específica dos ovos quando suplementou níveis de selênio orgânico. Assim como Costa et al., (2009) e Scatolini (2007) não verificaram efeito nas características de qualidade de ovo de codornas e poedeiras respectivamente suplementados com selênio orgânico.

3.3 Tempo de prateleira

Avaliando o efeito individual, a fonte mineral orgânica influenciou ($p<0,05$) a espessura de casca e a unidade Haugh (Tabela 6). Já ao analisarmos tempo de prateleira, todas as variáveis foram influenciadas ($p<0,05$) pelas fontes minerais.

O tempo de prateleira reduziu linearmente o peso do ovo e peso e porcentagem do albúmen. Por outro lado, o peso da gema e a porcentagem de gema e casca, aumentou de forma linear. A casca do ovo por ser porosa transpira e com isso perde CO_2 e água para o ambiente oriunda do albúmen (POMBO, 2003; MOURA et al., 2008; SANTOS et al., 2009; FREITAS, 2011) e isso pode ter causado esse efeito inverso entre essas variáveis. Além disso, a água associada com a proteína do albúmen passa para gema através de osmose, e isso faz com aumente o tamanho e o peso da gema deixando-a mais achatada (GONZALES; DE BLAS, 1991; KIRUNDA; MACKEE, 2000).

Segundo Baptista (2002), a perda de peso dos ovos de codornas é mais tênue que as dos ovos de galinha, pois as membranas das cascas são mais espessas do que as de poedeiras, o que leva uma menor perda de água e dióxido de carbono no momento da evaporação.

Tabela 6. Efeito do tempo de prateleira sobre a qualidade interna e externa de ovos de codornas japonesas suplementadas com fontes minerais orgânicas e inorgânicas.

FONTE	PO (g)	PG (g)	PA (g)	PC (g)	EC (mm)	GE (g/mL)	UH	PORG (%)	PORA (%)	PORC (%)
Minerais Orgânicos	11,71	3,94	6,74	1,03	211,87 a	1,0704	91,26 a	33,74	57,70	8,84
Minerais Inorgânicos	11,49	3,89	6,60	1,02	204,38 b	1,0705	90,05 b	33,81	57,24	8,95
DIAS	PO (g)	PG (g)	PA (g)	PC (g)	EC (mm)	GE (g/mL)	UH	PORG (%)	PORA (%)	PORC (%)
0	11,98	3,70	7,27	1,01	217,48	1,0714	98,54	30,93	60,57	8,50
4	11,69	3,81	6,89	1,00	212,35	1,0711	95,16	32,52	58,88	8,60
8	11,72	3,92	6,81	1,03	212,30	1,0700	93,81	33,19	57,98	8,82
16	11,43	4,00	6,38	1,04	200,20	1,0700	86,95	35,22	56,31	9,17
21	11,16	4,13	6,00	1,04	198,20	1,0700	78,82	37,00	53,60	9,39
Fonte	0,0137	0,0705	0,0509	0,3428	<.0001	0,6283	<.0001	0,8206	0,2115	0,1190
Dia	<.0001	<.0001	<.0001	0,0020	<.0001	0,0042	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001
Interação	0,1994	0,3367	0,3590	0,0691	0,2011	0,6684	0,4031	0,5678	0,2592	0,3196
Regressão Linear	<.0001 ¹	<.0001 ²	<.0001 ³	0,0040 ⁴	<.0001 ⁵	0,0009 ⁶	<.0001 ⁷	<.0001 ⁸	<.0001 ⁹	<.0001 ¹⁰
Regressão Quadrática	0,7631	0,4036	0,8228	0,8969	0,1972	0,0701	<.0001	0,8357	0,4274	0,7528
CV (%)	2,67	3,25	4,00	2,66	1,60	0,11	1,08	3,33	2,38	3,21

*PO= peso de ovo; PG= peso de gema; PA= peso de albúmen; PC= peso de casca; EC= espessura de casca; GE= gravidade específica; UHC= unidade Haugh; PORG= porcentagem de gema; PORA= porcentagem de albúmen; PORC= porcentagem de casca. Médias seguidas de letras distintas diferem entre si pelo Teste de Tukey (p<0,05). ¹y = -0,0353x + 11,943 R² = 0,9442; ²y = 0,0191x + 3,727 R² = 0,9707; ³y = -0,0562x + 7,2222 R² = 0,9791; ⁴y = 0,0019x + 1,0086 R² = 0,7459; ⁵y = -0,9528x + 217,47 R² = 0,9555; ⁶y = -7E-05x + 1,0712 R² = 0,7101; ⁷y = -0,8914x + 99,391 R² = 0,9579; ⁸y = 0,274x + 31,088 R² = 0,9896; ⁹y = -0,3031x + 60,439 R² = 0,969; ¹⁰y = -0,3031x + 60,439 R² = 0,969;

Nos estudos de Freitas et al., (2011) e Santos et al., (2009), assim como nesse, verificaram gradativamente menores índices de gravidade específica durante o período de armazenamento. Esse efeito ocorreu de forma linear, e segundo esses autores o peso do ovo diminui em consequência da evaporação, provocando um aumento do tamanho da câmara de ar e consequentemente uma diminuição gradativa na gravidade específica.

Segundo Gajčević et al., (2009) a qualidade do ovo após a postura é influenciada pelo tempo e condições de armazenamento, a qual pode ser indicado pela altura da câmara de ar, pH do albúmen, intensidade da oxidação de lipídios e valores da unidade Haugh. No presente estudo, os maiores valores de unidade Haugh foi para dieta suplementada com minerais orgânicos (Figura 1). Além disso houve efeito linear dos dias de armazenamento sobre essa variável, pois a unidade Haugh sofre uma queda gradativa conforme passaram os dias de prateleira. O selênio orgânico na dieta de poedeiras em dosagens de 0,15, 0,30, 0,60 e 3,00 ppm apresentaram maiores valores na unidade Haugh quando comparadas a uma dieta padrão (PAYNE et al. 2005). Gajčević et al., (2009), verificaram que tanto para 0,2 e 0,4 ppm de selênio orgânico na dieta de poedeiras, os valores da unidade Haugh foram indicativos de ovos de qualidade extra.

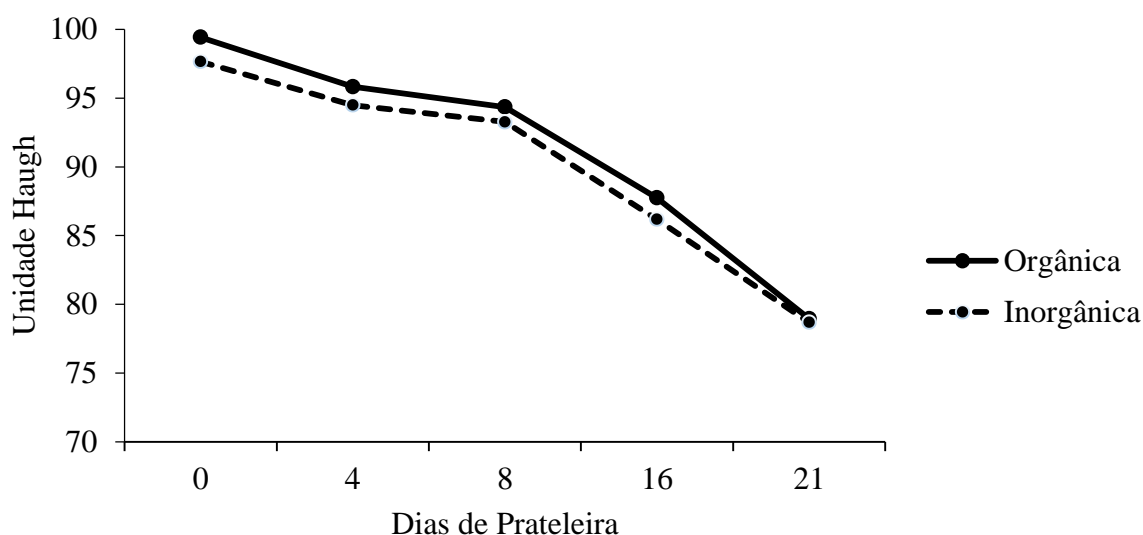


Figura 1. Efeito do tempo de prateleira na unidade Haugh dos ovos de codornas japonesas suplementadas com microminerais de fonte orgânica e inorgânica

As perdas de dióxido de carbono e água através dos poros da casca dos ovos de codornas são reduzidas quando comparados com os ovos de galinhas, devido os mesmos apresentarem maiores espessura das membranas, e isso permite prevenir a diminuição da altura do albúmen através dessas perdas por evaporação (YANNAKOPOULOS; TSERVENI-GOUSHI, 1986). Assim essa redução na altura do albúmen e consequentemente na unidade Haugh pode ter sido resultado das perdas de dióxido de carbono e água. Ademais, os minerais traços, como o selênio, que tem função antioxidante, pode ter contribuído para diminuir a degradação do albúmen durante os dias de armazenamento, assim como Sun et al., (2012) em seu estudo, verificaram que os efeitos do cobre e do zinco podem ter diminuído a dissociação da ovomucina-lisozima, complexo que mantém a integridade da viscosidade do albúmen.

Esse resultado pode indicar que ovos de codornas suplementadas com minerais orgânicos são menos afetados negativamente pelos dias de armazenamento, pois rapidamente após a postura ocorre alterações bioquímicas no albúmen que podem comprometer a qualidade dos mesmos.

A espessura da casca foi maior para o tratamento com minerais orgânicos (Figura 2), enquanto que com os dias de armazenamento houve um efeito linear decrescente para essa variável. Segundo Ramos (2008) a membrana da casca é formada por proteínas que dão maior resistência à casca e auxiliam nas trocas gasosas do ovo com o meio externo. Com o período de armazenamento pode ter ocorrido perda dessas proteínas e assim consequentemente ter diminuído a espessura.

A fonte orgânica melhorou significativamente a espessura da casca no tempo de prateleira, isso deve estar associado à inclusão dos minerais responsáveis pela formação da casca do ovo, como o zinco, manganês e o cobre. O zinco é constituinte da anidrase carbônica, enzima que participa da formação dos cristais de cálcio e fosforo e contribui na fixação do cálcio sob a forma de carbonato de cálcio durante a síntese da casca; o manganês ativa enzimas responsáveis na síntese de glicosaminoglicanos e glicoproteínas, que contribuem para a formação da matriz orgânica do ovo e o cobre é parte integrante da lisil oxidase, enzima participante na formação do colágeno presente na membrana da casca do

ovo, além de está presente em grande concentração no istmo, local onde a casca é formada (STEFANELLO et al., 2014; ŚWIĄTKIEWICZ et al., 2014)

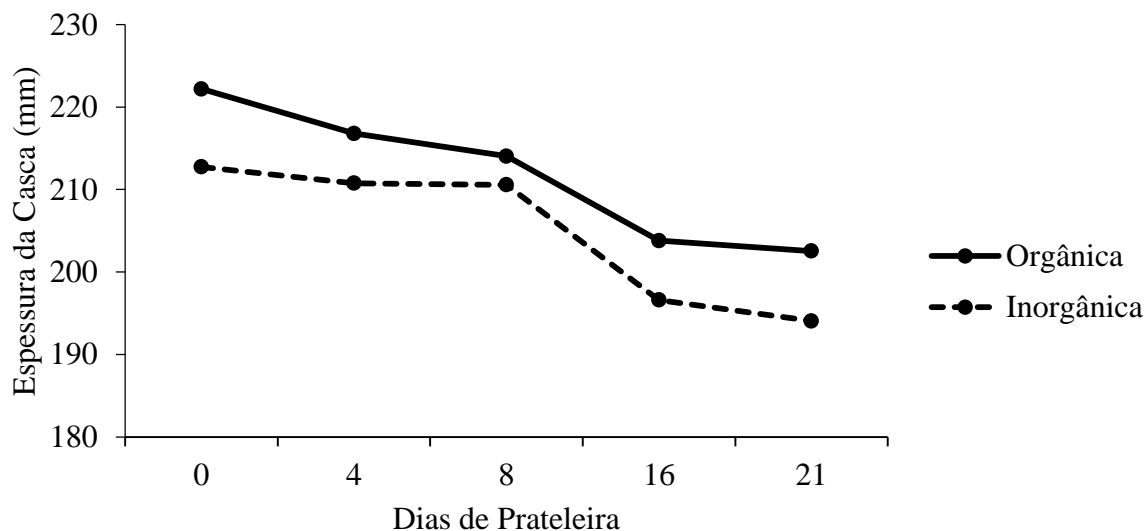


Figura 2. Efeito do tempo de prateleira na espessura da casca dos ovos de codornas japonesas suplementadas com microminerais de fonte orgânica e inorgânica

É importante que novos trabalhos sejam realizados para verificar a eficiência dos minerais de fontes orgânicas para codornas japonesas, pois os resultados ainda são contraditórios. Assim esses estudos são promissores a fim de melhorar o desempenho e qualidade de ovos de poedeiras, podendo então tornar a utilização dos minerais quelatados uma realidade em escala industrial, potencializando os lucros dos produtores inseridos na atividade avícola.

4. CONCLUSÃO

A suplementação com complexo de microminerais quelatados não afeta o desempenho das aves, porém melhora a qualidade do ovo e mantém por mais tempo a qualidade interna e externa do ovo durante o tempo de prateleira.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABDEL-MAGEED, M. A. A.; HASSAN, H. A. Effect of chromium-methionine chelate on performance and some plasma constituents of laying japanese quail during summer months. **Egypt Poultry Science**, v. 32, p. 883-894, 2012.

ALBINO, L. F. T. **Galinhas poedeiras – Criação e alimentação**. Editora: Aprenda Fácil, 2014.

BAPTISTA, R. F. **Avaliação da qualidade interna de ovos de codorna (*Cortunix cortunix japônica*) em função da variação da temperatura de armazenamento**. 2002. 99 f. Dissertação (Higiene Veterinária e Processamento Tecnológico de Produtos de Origem Animal) – Faculdade de Veterinária, Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2002

BAYLAN, M.; CANOGULLARI, S.; AYASAN, T.; COPUR, G. Effects of dietary Selenium Source, Storage Time, and Temperature on the quality of quail eggs. **Biological Trace Element Research**, v. 143, p. 957–964. 2011.

BERTECHINI, A. G. **Nutrição de monogástrico**. 2. ed. Lavras: Editora UFLA, 2012.

BUTTS, J. N.; CUNNINGHAM, F. E. Effect of dietary protein on selected properties of the egg. **Poultry Science**, v. 51, p. 1726-1734, 1972.

CARD, L. E.; NESHEIM, M. C. **Produccion avicola**. Zaragoza: Editorial Acribia, 1978.

CARVALHO, R. B. **Microminerais orgânicos para codornas japonesas**. 2015. Dissertação (Mestrado em Ciências Veterinárias) – Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Espírito Santo, Espírito Santo, 2015.

COSTA, F. G. P. *et al.* The use of prebiotic and organic in rations for japanese laying quail. **Journal of Poultry Science**, v.4, p. 339-343. 2008.

COSTA, F. G. P. *et al.* Utilização de sel-plex e bio-plex em dietas para codornas japonesas em postura. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 2009, Maringá. **Anais...** Maringá: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2009.

CRUZ, V. C.; FERANDES, I. B. Effect of Organic Selenium and Zinc on the Performance and Egg Quality of Japanese Quails. **Brazilian Journal of Poultry Science**, v.13, n. 2, p. 91-95, 2011.

FREITAS, L. W. *et.al.* Aspectos qualitativos de ovos comerciais submetidos a diferentes condições de armazenamento. **Revista Agrarian**, v. 4, n. 11, 2011.

GAJČEVIĆ, Z. *et al.* Effects of organic selenium supplemented to layer diet on table egg freshness and selenium content. **Italian Journal of Animal Science**, v. 8, p. 189-199, 2009.

GONZALES M.; BLAS B. C. **Nutricion y alimentacion de gallinas ponedoras**. Madrid: Mundi-Prensa, 1991. 263p.

GRAVENA, R. A. *et al.* Suplementação da dieta de codornas com minerais orgânicos sobre o desempenho e qualidade dos ovos. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.63, n.6, p. 1453-1460, 2011.

HAMILTON, R.M.G. Methods and factors that affect the measurement of egg shell quality. **Poultry Science**, Champaign, v.61, p.2002-2039, 1982.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). 2013. **Produção da Pecuária Municipal**. Rio de Janeiro: IBGE, 2014.

KIEFER, C. Minerais quelatados na nutrição de aves e suínos. **Revista Eletrônica Nutrime**, v. 2, n. 3, p. 206-220, 2005.

KIRUNDA, D. F. K.; MCKEE, S. R. Relating Quality Characteristics of Aged Eggs and Fresh Eggs to Vitelline Membrane Strength as Determined by a Texture Analyzer. PMID: 10947190: **Poultry Science**, v. 79, n. 8, p. 1189–1193., jan. 2000.

LEESON, S.; SUMMERS, J. D. Minerals. In: **Nutrition of the chicken**. University Books, Guelph, Ontario, 2001. p. 331–428.

MACARI, M.; FURLAN, R. L.; GONZALES, E. **Fisiologia aviária aplicada a frango de corte**. Jaboticabal: FUNED/UNESP, 2002.

MALLAH, E. G. M. *et al.* Improving performance and some metabolic response by using some antioxidants in laying diets during summer season. **Journal of American Science**, abr. 2011.

MANANGI, M. K. *et al.* The impact of feeding supplemental chelated trace minerals on shell quality, tibia breaking strength, and immune response in laying hens. **The Journal of Applied Poultry Research**, v. 24, n. 3, p. 316–326, jan. 2015.

MOURA, A. M. A. *et al.* Efeito da temperatura de estocagem e do tipo de embalagem sobre a qualidade interna de ovos de codornas japonesas (*coturnix japonica*). **Ciência e Agrotecnologia**, v. 32, n. 2. Lavras, 2008.

National Research Council (NRC). **Nutrient requirements of poultry**. 9 ed. Washington: National Academy of Sciences, Washington, 1994. p. 44-45.

PAN, E. A. et al. Desempenho de poedeiras semipesadas arraçadas com suplementação de selênio orgânico. **Revista Brasileira Agrociências**, v. 16, n1-4, p.83-89, jan./dez., 2010.

PAYNE, R. L.; LAVERGNE, T. K.; SOUTHERN, L. L. Effect of inorganic versus organic selenium on hen production and egg selenium concentration. **Poultry Science**, v. 84, p. 232–237, 2005.

POMBO, C. R. **Efeito do tratamento térmico de ovos inteiros na perda de peso e características de qualidade interna**. Rio de Janeiro, 2003. 74 f. Dissertação (Mestrado em Veterinária) - Faculdade de Veterinária, Universidade Federal Fluminense, Rio de Janeiro, 2003.

RAMOS, B. F. S. **Gema de ovo composição em aminas biogénicas e influência da gema na fração volátil de creme de pasteleiro**. 2008.111f. Dissertação (Mestrado em Controle de qualidade) – Faculdade de farmácia, Universidade do Porto, Porto, 2008.

RICHARDS, J.; DIBNER, J. Organic trace minerals are not all equally effective. **World Poultry**, v. 21, n. 9, p. 17-19, 2005.

ROSTAGNO, *et al.* **Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais**. 3 ed. Viçosa, Minas Gerais: UFV, 2011.

RUTZ, F.; PAN, E. A.; XAVIER, G. B. Efeito de minerais orgânicos sobre o metabolismo e desempenho de aves. **Revista Aveworld**, 2007.

SAHIN, N. et al. Supplementation with Organic or Inorganic Selenium in Heat-distressed Quail. **Biological Trace Element Research**, v. 122, p. 229-237, 2008.

SALDANHA, E. S. P. B. Effect of organic mineral supplementation on the egg quality of semi-heavy layers in their second cycle of lay. **Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science**, v.11, n.4, p. 215-222, 2009.

SANTOS, M. S. V. *et al.* Efeito da temperatura e estocagem em ovos. **Ciencia e Tecnologia de Alimentos**, v. 29, n. 3, 2009.

SCATOLINI, A. M. **Mn, Zn e Se associados a moléculas orgânicas na alimentação de galinhas poedeiras em segundo ciclo de produção**. 2007. 51 f, Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2007.

SECHINATO, A. S.; ALBUQUERQUE, R.; NAKADA, S. Efeito da suplementação dietética com microminerais orgânicos na produção de galinhas poedeiras. **Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science**, v.43, n.2, p. 159-166, 2006.

SILVA, J.H.V., COSTA, F.G.P. **Tabela para codornas japonesas e européias**. 2ª ed. FUNEP, Jaboticabal, São Paulo, 2009. 110 p.

STEFANELLO, C. *et al.* Productive performance, eggshell quality, and eggshell ultrastructure of laying hens fed diets supplemented with organic trace minerals. PMID: 24570429; **Poultry Science**, v. 93, n. 1, p. 104–113, jan. 2014.

SUN, Q. *et al.* Effects of Methionine Hydroxy Analog Chelated Cu/Mn/Zn on Laying Performance, Egg Quality, Enzyme Activity and Mineral Retention of Laying Hens. **Japan Poultry Science Association**, v. 49, p. 20-25, 2012.

ŚWIĄTKIEWICZ, S.; ARCZEWSKA-WŁOSEK, A.; JÓZEFIAK, D. The efficacy of organic minerals in poultry nutrition: review and implications of recent studies. **World's Poultry Science Journal**, v. 70, n. 03, p. 475–486, set. 2014.

VENGLOVSKÁ, K.; GREŠÁKOVÁ, L.; PLACHÁ, I.; RYZNER, M.; ČOBANOVÁ, K. Effects of feed supplementation with manganese from its different sources on performance and egg parameters of laying hens. **Czech Journal of Animal Science**, abr. 2014.

XIAO, J. F.; WU, S. G.; ZHANG, H.J.; YUE, H. Y.; WANG, J.; JI, F.; QI, G. H. Bioefficacy comparison of organic manganese with inorganic manganese for eggshell quality in Hy-Line Brown laying hens. **Poultry Science**, v. 94, n. 8, p. 1871–1878, ago. 2015.

YANNAKOPOULOS, A. L.; TSERVENI-GOUSI, A. S. Quality characteristics of quail eggs. **British Poultry Science**, v. 27, p. 171-176, 1986.